



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE IRRIGACIÓN E INGENIERÍA MECÁNICA
AGRÍCOLA

POSGRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA Y USO INTEGRAL DEL AGUA

**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN DISPOSITIVO:
EXTRACTOR AXIAL - AEROGENERADOR CON EJE HORIZONTAL**

T E S I S

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA Y USO INTEGRAL DEL AGUA

Presenta:

BERNARDINO BALDERAS RIVAS

Bajo la supervisión de: EUGENIO ROMANTCHIK KRIUCHKOVA, PhD



APROBADA



Chapingo, Estado de México, diciembre 2021

Tesis realizada por BERNARDINO BALDERAS RIVAS bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobado por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN INGENIERIA AGRICOLA Y USO
INTEGRAL DEL AGUA**



DIRECTOR:

DR. EUGENIO ROMANTCHIK KRIUCKOVA



ASESOR:

DR. PEDRO CRUZ MEZA



ASESOR:

DR. MARTIN HIDALGO REYES

CONTENIDO

Lista de CUADROS.....	v
Lista DE FIGURAS.....	vi
DEDICATORIA.....	ix
AGRADECIMIENTOS.....	x
DATOS BIOGRÁFICOS.....	xi
RESUMEN GENERAL.....	xii
GENERAL ABSTRACT.....	xiii
1 INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1 Energía eólica residual.....	1
1.2 Extractores de aire.....	1
1.3 Pequeños aerogeneradores.....	2
1.4 Justificación.....	2
1.5 Hipótesis.....	3
1.6 Objetivos.....	3
1.7 Organización de la tesis.....	4
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Patentes en la aplicación de recuperación de energía eólica residual....	5
2.2 Ventiladores(extractores).....	12
2.3 Aerogeneradores eje horizontal.....	13
2.4 Balance de energía.....	13
2.5 Diseño en la ingeniería.....	22
2.6 Referencias.....	23
3 DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN DISPOSITIVO:EXTRACTOR AXIAL - AEROGENERADOR CON EJE HORIZONTAL.....	31

3.1	Resumen.....	31
3.2	Abstract.....	32
3.3	Introducción	32
3.4	Materiales y métodos.....	34
3.5	Resultados y discusiones.....	38
3.6	Conclusiones	52
3.7	Literatura citada	52
4	ANEXOS	54
4.1	DIFICULTADES Y RECOMENDACIONES.....	54
4.2	Patente: Ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generación de energía eléctrica.....	56
4.3	Tablas resultadas de mediciones:.....	75

LISTA DE CUADROS

Capítulo 4

Cuadro 1. Mediciones de Velocidad del aire a la entrada del extractor.....	75
Cuadro 2. Mediciones de Velocidad del aire a la entrada del extractor.....	75
Cuadro 3. Mediciones de Velocidad del aire a la entrada del extractor.....	76
Cuadro 4. Mediciones de Velocidad del aire a la entrada del extractor.....	76
Cuadro 5. Mediciones de Velocidad del aire a la salida del extractor	77
Cuadro 6. Mediciones de Velocidad del aire a la salida del extractor	77
Cuadro 7. Mediciones de Velocidad del aire a 50 cm de la salida del extractor (Tratamiento 1).....	78
Cuadro 8 Mediciones de Velocidad del aire a 50 cm de la salida del extractor (Tratamiento 2).....	78
Cuadro 9. Mediciones de Velocidad del aire a 70 cm de la salida del extractor (Tratamiento 1).....	79
Cuadro 10. Mediciones de Velocidad del aire a 70 cm de la salida del extractor (Tratamiento 2).....	80
Cuadro 11. Mediciones de Velocidad de aire en la salida del aerogenerador (Tratamiento 3).....	80
Cuadro 12. Mediciones de Velocidad de aire en la salida del aerogenerador (Tratamiento 4).....	81
Cuadro 13. Mediciones de velocidad angular del eje de las aspas del extractor ..	81
Cuadro 14. Mediciones de velocidad angular del eje de las aspas del aerogenerador.	82
Cuadro 15 Mediciones de voltaje del motor del extractor.....	82
Cuadro 16. Mediciones de voltaje del controlador del aerogenerador	82
Cuadro 17. Mediciones de voltaje del motor del extractor.....	83
Cuadro 18. Mediciones de voltaje del controlador del aerogenerador	83

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2

Figura 1. Recuperación de energía eólica de un flujo de aire desperdiciado o agotado de uno o más sistemas de ventilación de un área delimitada, como una mina, un túnel o alguna otra área que requiera ventilación US005512788A.....	5
Figura 2. Velocidades del viento provenientes del ventilador a diferentes distancias US005512788A	6
Figura 3. Soporte de aerogenerador donde se fijó a la salida del ducto del aire acondicionado sobre el mismo eje US006365985B1	6
Figura 4. Dispositivo que fija el aerogenerador a la salida de un ducto de aire acondicionado y su vista explosionada US006365985B1	7
Figura 5. Uso de dispositivo guía entre escape de aire y aerogenerador US007538447B1	7
Figura 6. Generación de energía eléctrica del aire de descarga de un laboratorio US20120070273A1	8
Figura 7. Recuperación de energía eólica de escape de un conducto de ventilación US 2012/0068466 A1	8
Figura 8. Recuperación de energía eólica residual del flujo de aire es el resultado de alguna aplicación de aire forzado US008939724B2.....	9
Figura 9. Generación de energía eléctrica del aire resultante de los ventiladores de un establo para la cría de aves y puercos US008939724B2.....	9
Figura 10. a) Generación de energía eléctrica colocando varios aerogeneradores al frente de un extractor b) Generación de energía eléctrica con un aerogenerador colocado al frente de varios extractores US008939724B2.....	10
Figura 11. Soporte de aerogenerador para embrague en salida de aire forzado US008952557B2.....	10
Figura 12. Recuperación de aire residual de un invernadero MXE2016075498 ...	11
Figura 13. Generación de energía eléctrica que proviene de un sistema de manejo de aire en un centro de datos US009438087B2.....	11

Figura 14. Banco de pruebas para evaluación y caracterización del flujo de aire expulsado por extractores para su aprovechamiento en aerogeneradores MXE2020011891.....	12
Figura 15. Balance de energía en el extractor.....	14
Figura 16. Balance de energía en el aerogenerador	16
Figura 17. Comportamiento teórico de los perfiles de velocidad de aire de salida del extractor	19
Figura 18. Potencia generada de acuerdo al diámetro del aerogenerador	20
Figura 19. a) Diámetro con extensiones y diámetro nulo del aerogenerador b) Superficie de aprovechamiento de energía eólica.....	20
Figura 20. Difusor cónico	21
Figura 21. a) Comportamiento del flujo del extractor solo, b) Comportamiento del flujo del extractor con cono.....	21
Figura 22. Proceso de diseño según French.....	23

Capítulo 3

Figura 1. Puntos de medición de aire.....	36
Figura 2. Vistas isométricas a) dispositivo extractor -aerogenerador b) explosionado de las partes principales del diseño del dispositivo extractor- aerogenerador	38
Figura 3. Ensamble extractor - aerogenerador.....	39
Figura 4. Velocidades de entrada y salida a 0.5 m del extractor (Tratamiento 1). 40	
Figura 5. Caudales de entrada, salida y salida a 0.5 m del extractor (Tratamiento 1)	40
Figura 6. Presentación de las potencias y su distribución en tratamiento 1	41
Figura 7. Velocidades de entrada y salida a 0.5 m del extractor (Tratamiento 2). 42	
Figura 8. Caudales de entrada y salida a 0.7m (Tratamiento 2).....	43
Figura 9. Presentación de las potencias y su distribución en tratamiento 2	43
Figura 10. Velocidades de entrada del extractor y salida después de aerogenerador (Tratamiento 3).....	44
Figura 11. Caudales de entrada y salida después de aerogenerador	45
Figura 12. Presentación de las potencias y su distribución en tratamiento 3	46

Figura 13. Velocidades de entrada al extractor y salida después de aerogenerador (Tratamiento 4).....	47
Figura 14. Caudales de entrada y salida después de aerogenerador (Tratamiento 4).....	48
Figura 15. Presentación de las potencias y su distribución en tratamiento 4	49
Figura 16. Velocidad angular en Extractor (Revoluciones por minuto).....	50
Figura 17. Caudales de entrada al extractor para los 4 tratamientos	50
Figura 18. Velocidad angular en aerogenerador (Revoluciones por minuto)	51
Figura 19. Potencia de salida de controlador para carga de baterías (W)	51

Capítulo 4

Figura1. PATENTE MX/E/2021/079191 FIG. 1	65
Figura 2. PATENTE MX/E/2021/079191 FIG. 1	65
Figura 3. PATENTE MX/E/2021/079191 FIG. 2	66
Figura 4 PATENTE MX/E/2021/079191 FIG. 4	66
Figura 5.PATENTE MX/E/2021/079191 FIG. 3	66
Figura 6. COMPROBANTE DE RECEPCION DE PATENTE MX/E/2021/079191	74

DEDICATORIA

A mi esposa Lizbeth por su amor, apoyo y comprensión en las decisiones tomadas, así como sus regaños que sirvieron para reanimarme a continuar con esta investigación.

A mi Hija Erin Aurora por ser mi inspiración para seguir adelante en momentos difíciles y hacerme comprender lo importante que es esta investigación para nuestra familia.

A mis padres Mario y Blasa por apoyarme en todo lo que he realizado y demostrarme que en momentos difíciles siempre estarán para mí.

A mis hermanas Verónica y Teresa por apoyarme durante este proceso y demostrarme que a pesar de las enfermedades se tiene que seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento otorgado para realizar mis estudios de maestría.

A la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), al Posgrado en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua (IAUIA) y al departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola por brindarme apoyo y material para realizar este trabajo.

Al Dr. Eugenio Romantchik Kriuchkova por transmitirme sus conocimientos e impulsarme a continuar con esta investigación.

Al Dr. Pedro Cruz Meza por todas sus valiosas sugerencias y su siempre amable disposición.

Al Dr. Martin Hidalgo Reyes por sus valiosas sugerencias y aportaciones para este trabajo.

A la coordinación de posgrado de Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua por su por su asesoría, e invaluable apoyo brindado en los distintos trámites y durante mi estancia en el posgrado.

DATOS BIOGRÁFICOS



Datos personales

Nombre: Bernardino Balderas Rivas
Fecha de nacimiento: 28 de marzo de 1994
Lugar de nacimiento: Villa de Tezontepec, Estado de Hidalgo México
No. Cartilla militar: D.2386523
CURP: BARB940328HHGLVR08
Profesión: Ingeniero Mecánico
Cédula profesional: 10834140

Desarrollo académico

Bachillerato: Preparatoria oficial número 84, 2009-2012
Licenciatura: Ingeniería Mecánica Agrícola, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo 2012-2016

RESUMEN GENERAL

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN DISPOSITIVO: EXTRACTOR AXIAL - AEROGENERADOR CON EJE HORIZONTAL

Bernardino Balderas Rivas¹; Eugenio Romantchik Kriuchkova²

El sistema más efectivo para la recuperación de energía eólica residual de un extractor axial es colocar un aerogenerador de baja potencia y eje horizontal en la salida del flujo del aire para generar energía eléctrica y reducir los gastos por el consumo eléctrico. El objetivo de este trabajo fue diseñar, construir y evaluar un dispositivo extractor-aerogenerador. El diseño del dispositivo consta principalmente de una estructura que permite el ensamble de un aerogenerador Rassven 400 posicionado a una distancia de 0.5 m de un extractor Multifan 130 y adicionalmente el ensamble de un cono. El cono permite aumentar la velocidad angular del aerogenerador y generar mayor potencia eléctrica. Para la evaluación del dispositivo se realizó su fabricación y ensamble en el cual se midieron las velocidades de aire de entrada y salida del extractor, velocidades angulares de extractor y aerogenerador, voltaje y amperaje consumidos por el motor y generados por el aerogenerador, para cuatro diferentes tratamientos: extractor solo, extractor con cono, extractor con aerogenerador y extractor con cono y aerogenerador. Se realizó un análisis estadístico de los resultados obteniendo medias y desviaciones estándar. El dispositivo diseñado y construido permite recuperar hasta 50% de la energía eólica saliendo del extractor. La implementación del cono permitió aumentar 1.5 veces la velocidad angular en el aerogenerador lo que permitió incrementar la potencia generada.

Palabras clave: extractor axial, aerogenerador, ensamble, energía eólica, potencia eléctrica.

Tesis de Maestría en Ingeniería, Programa en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua,
Universidad Autónoma Chapingo

¹Autor de tesis ² director de tesis

GENERAL ABSTRACT

DESIGN, CONSTRUCTION AND EVALUATION OF A DEVICE:

AXIAL EXTRACTOR - WIND TURBINE WITH HORIZONTAL SHAFT

Bernardino Balderas Rivas²; Eugenio Romantchik Kriuchkova²

The system most effective for the recovery of residual wind energy from an axial extractor is to place a wind turbine of low power and horizontal axis on the outlet of the air flow to generate electrical energy and reduce expenses for electrical consumption. The aim of this work was to design, build and evaluate a device extractor-wind turbine. The design of the device consists mainly of a structure that allows the assembly of a wind turbine Rassven 400 positioned at a distance of 0.5 m from a extractor Multifan 130 and additionally the assembly of a cone. The cone allows to increase the angular speed of the wind turbine and generate more electrical power. For the evaluation was manufactured and assembled the mechanism in which were measured: the inlet and outlet air speeds of the extractor, the angular velocities of the extractor and wind turbine, voltages and amperages consumed by the motor of extractor and generated by the wind turbine, to four different treatments: extractor alone, extractor with cone, extractor with wind turbine and extractor with cone and wind turbine. A statistical analysis of the results was performed, obtaining means and standard deviations. The device designed and built allows to recover up to 50% of the wind energy that comes out of the extractor. The implementation of the cone allowed an increase of 1.5 times the angular velocity in the wind turbine, which allowed increasing the power generated.

Keywords: axial extractor, wind turbine, assembly, wind energy, electrical power

1 INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 Energía eólica residual

La tecnología de la energía eólica se ha desarrollado rápidamente a lo largo de las décadas; donde ha surgido una idea innovadora sobre el aprovechamiento de la energía eólica a partir de recursos eólicos no naturales y que puede ser una de las respuestas para generar electricidad. Tal son los siguientes casos:

- (Chew *et al.*, 2011) donde proponen montar una turbina sobre el ventilador de las torres de enfriamiento que son dispositivos de eliminación de calor que se utilizan para transferir el calor residual a la atmósfera y así producir electricidad;
- (Jeffrey, 2012) refiere en general a dispositivos capaces de convertir la energía cinética asociada con un flujo de gas en electricidad en su patente 2012/0068466 A1
- (Koya *et al.*, 2015) en su patente 8939724 B2 menciona el aprovechamiento de la energía de los sistemas de ventilación de establos de cerdo y de aves
- Mas adelante en Brasil (A C S Etchamendi *et al.*, 2019) realizaron un estudio en la reducción de consumo energético con el aprovechamiento de energía eólica residual proveniente de extractores de una instalación avícola
- En México (Romantchik *et al.*, 2020) proponen la generación de energía eléctrica por medio de la recuperación de energía eólica residual que emiten los invernaderos

1.2 Extractores de aire

Los extractores son turbomáquinas que transforman la energía eléctrica a energía eólica y estos son llamados así porque succionan el aire de sistemas cerrados hacia el exterior. (Ardilla *et al.*, 2016)

El objetivo principal de los extractores es la innovación de aire en sistemas cerrados así como la regulación de la temperatura, desplazamiento de gases no deseados, y la eliminación de la humedad, el uso de estos dispositivos se ha expandido a distintas áreas, extractores de aire en criaderos de puercos y criaderos

avícolas (Koya *et al.*, 2015), extractores de aire en invernaderos (Romantchik *et al.*, 2020) extractores en naves industriales entre otras áreas de aplicación. Sin embargo estos beneficios que proporciona estos equipos son a costa de el constante consumo energético.

1.3 Pequeños aerogeneradores

Existen diferentes dos diferentes tipos de aerogeneradores, aerogenerador de eje horizontal y aerogenerador de eje vertical, principalmente diseñados para zonas urbanas donde por su dimensión son de fácil instalación.

1.4 Justificación

Para la presente investigación el Diseño de Extractor + Aerogenerador Con Eje Horizontal permitirá realizar dos funciones en una sola máquina, la primera de extraer aire y la segunda la recuperación de energía eólica residual de extractores para generar energía eléctrica, además de profundizar los conocimientos teóricos sobre los métodos y variables en la recuperación de energía eólica residual.

Para un aerogenerador de que genera una potencia de 400 W a que funciona a una velocidad nominal de 12 m/s con un diámetro de las hélices de 1.2 m

Sabemos que la potencia

$$P = \frac{0.59 \pi \rho D^2 V^3}{8}$$

$$P = \frac{0.59 \pi (1,225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) (1.2 \text{ m})^2 (12 \frac{\text{m}}{\text{s}})^3}{8}$$

$$P = 706.2 \text{ W}$$

Si sabemos que la potencia nominal del aerogenerador es de 400 W entonces este aerogenerador tiene una eficiencia del 56.64% entonces la potencia de este aerogenerador se calcula:

$$P_{aer} = (0.5664) \left(\frac{0.59 \pi \rho D^2 V^3}{8} \right)$$

$$P_{aer} = (0.5664)(706.2 \text{ W})$$

$$P_{aer} = 400 \text{ W}$$

Debido al comportamiento teórico de los perfiles de velocidad de salida de aire de un extractor tiende irse a los extremos por lo cual el uso de un difusor cónico ayudaría a dirigir con menor pérdida el aire hacia el aerogenerador por lo cual se necesitaría utilizar extensiones de 0.12 m en el aerogenerador creando un diámetro de las hélices de 1.484m y considerando un diámetro nulo donde no se aprovecha la energía eólica de 0.36m.

La potencia del aerogenerador más extensiones $P_{aer+ext}$ será:

$$P_{aer+ext} = (0.5664) \left(\frac{0.59 \pi \rho D^2 V^3}{8} \right)$$
$$P_{aer+ext} = (0.5664) \left(\frac{0.59 \pi (1,225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) [(1.484 \text{ m})^2 - (0.36\text{m})^2] (12 \frac{\text{m}}{\text{s}})^3}{8} \right)$$

$$P_{aer+ext} = 575.76 \text{ W}$$

Con el uso de extensiones de 0.12 m se puede incrementar el 43.94% de la potencia del aerogenerador.

1.5 Hipótesis

Mediante el diseño de extractor + aerogenerador con eje horizontal se aprovechará más del 40% de la energía eólica residual que proviene de extractores, y se contribuye a la implementación de energías alternativas renovables que ayuda a mermar la contaminación ambiental.

1.6 Objetivos

Objetivo general

Diseñar el conjunto de extractor y aerogenerador de eje horizontal

Objetivos específicos

1. Analizar desarrollos similares a nivel nacional e internacional para realizar un diseño único.
2. Realizar el diseño conceptual único del conjunto extractor-aerogenerador.
3. Realizar el diseño de detalle con especificaciones de equipos reales.
4. Construir un prototipo y evaluar su funcionalidad.
5. Realizar mediciones de variables como velocidad de aire, velocidad angular, voltaje y amperaje para determinar su funcionalidad y efectividad.

1.7 Organización de la tesis

Esta tesis está organizada en cinco capítulos, incluyendo el presente; en el capítulo dos se presenta la revisión de literatura, en el capítulo tres la investigación realizada en forma de artículo científico, el capítulo 4 Dificultades y Recomendaciones de las pruebas experimentales y el capítulo cinco anexos que contiene la patente realizada y cuadros de resultados de las mediciones realizadas.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Patentes en la aplicación de recuperación de energía eólica residual

Algunas patentes relacionadas con la recuperación de energía eólica residual para generar energía eléctrica son las siguientes:

- (Berenda & Jack, 1996) proponen la generación de energía eléctrica utilizando el aire de un flujo de aire desperdiciado o agotado de uno o más sistemas de ventilación de un área delimitada, como una mina, un túnel o alguna otra área que requiera ventilación. Mencionan que el ventilador de extracción expulsa aire, hacia afuera del sistema en un área delimitada en una o más ubicaciones. El aire de escape de estos sistemas de ventilación necesarios es capturado y convertido en energía eléctrica por el equipo existente de generación de energía eléctrica impulsado por el viento convenientemente ubicado frente al ventilador de extracción (Figura 1), así también presenta una gráfica de las velocidades del aire de descarga del sistema de ventilación (Figura 2).

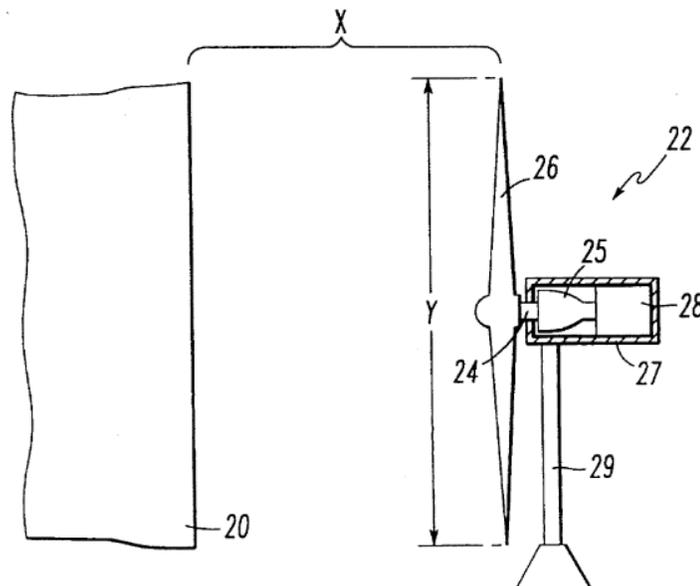


Figura 1. Recuperación de energía eólica de un flujo de aire desperdiciado o agotado de uno o más sistemas de ventilación de un área delimitada, como una mina, un túnel o alguna otra área que requiera ventilación US005512788A

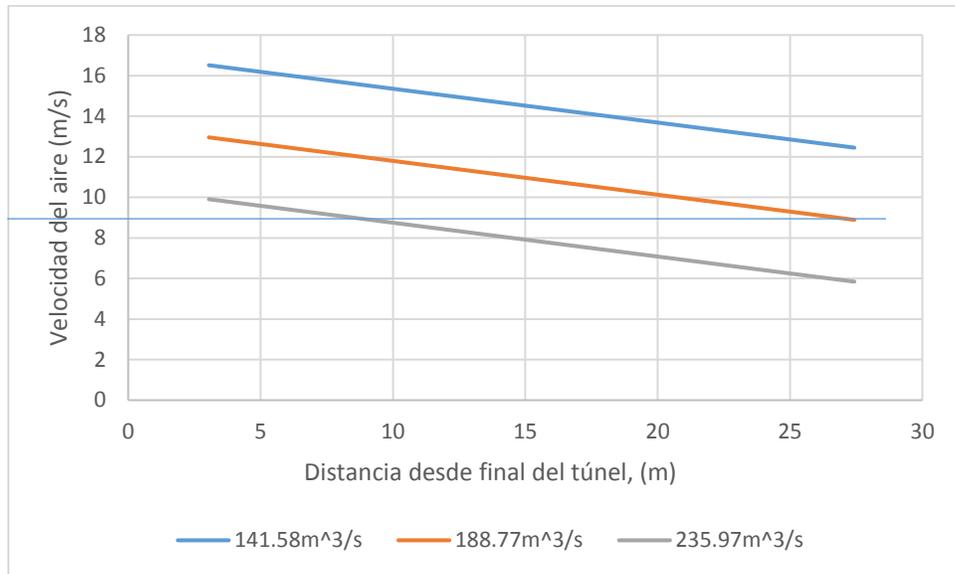


Figura 2. Velocidades del viento provenientes del ventilador a diferentes distancias US005512788A

- (Cohen, 2002) propone la generacion de electricidad aprovechando el aire que sale de los ductos de aire acondicionado ademas de utilizar un soporte que fije el aerogenerador al ducto de escape del aire acondicionado (Figura 3 y Figura 4) .

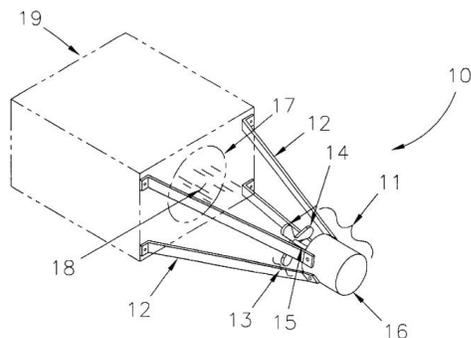


Figura 3. Soporte de aerogenerador donde se fijó a la salida del ducto del aire acondicionado sobre el mismo eje US006365985B1

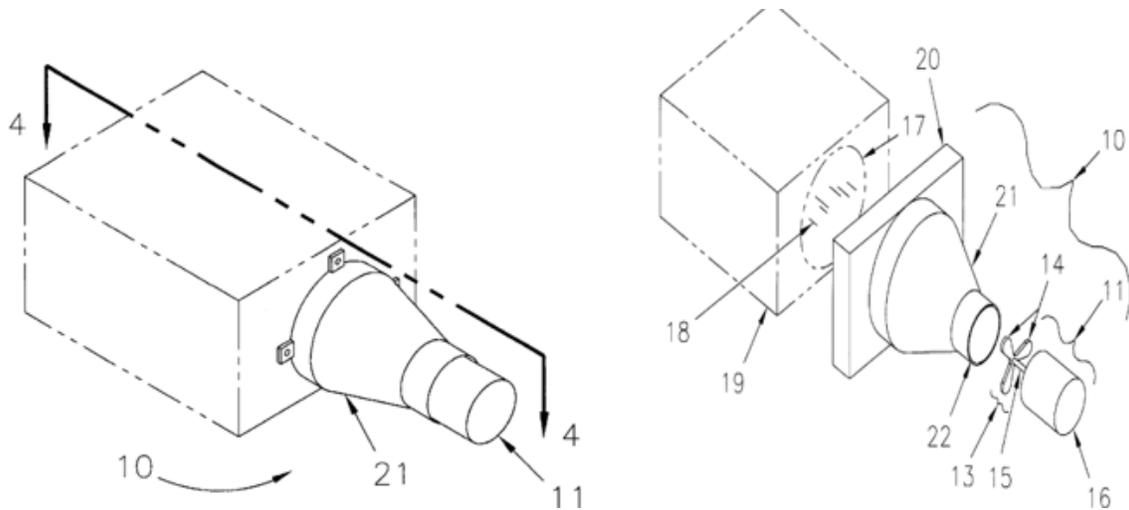


Figura 4. Dispositivo que fija el aerogenerador a la salida de un ducto de aire acondicionado y su vista explosionada US006365985B1

- (Berenda & Ferenci, 2009) ahora proponen que el sistema de recuperación de energía y al menos un aparato de guía de flujo colocado entre el escape de aire y un molino de viento (Figura 5).

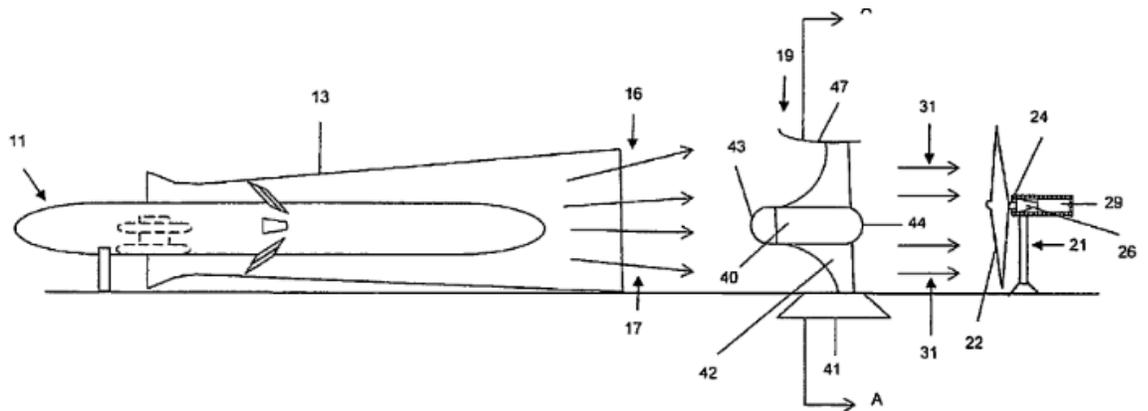


Figura 5. Uso de dispositivo guía entre escape de aire y aerogenerador US007538447B1

- (DeLuca, 2012) propone la integración o aplicación de una turbina eólica productora de energía a un sistema de escape de un laboratorio. El aire de descarga del sistema de escape hace girar la turbina eólica para producir energía (Figura 6).

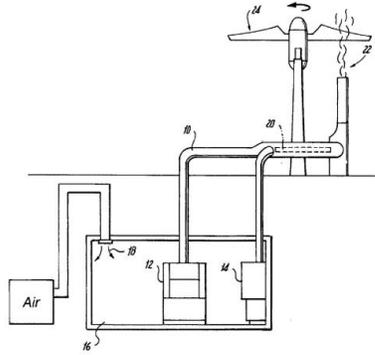


Figura 6. Generación de energía eléctrica del aire de descarga de un laboratorio
US20120070273A1

- (Jeffrey, 2012) propone la recuperación de energía de un escape de aire mediante un dispositivo que recibe el flujo de gas y lo trasforma en energía eléctrica (Figura 7).

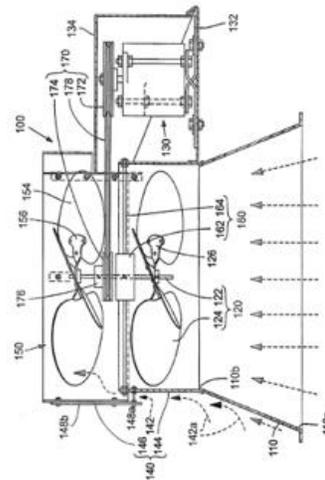


Figura 7. Recuperación de energía eólica de escape de un conducto de ventilación
US 2012/0068466 A1

- (Koya et al., 2015) se refieren su invención a un sistema y métodos para mejorar el rendimiento de las técnicas de recolección de energía del flujo de aire que resulta de alguna aplicación de aire forzado, como sería el caso de

un sistema de ventilación o intercambio de calor u otro movimiento de aire impulsado por un ventilador (Figura 8).

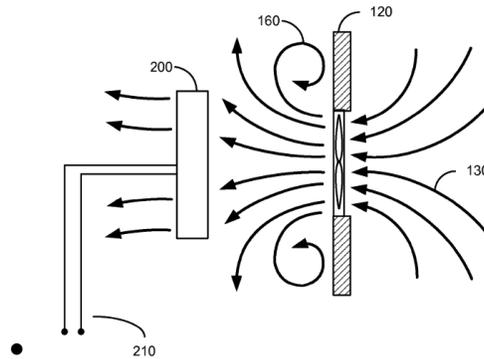


Figura 8. Recuperación de energía eólica residual del flujo de aire es el resultado de alguna aplicación de aire forzado US008939724B2

Menciona que este sistema y método pueden ser de uso particular en sistemas de ventilación utilizados en establos de animales, como salas de establos para la cría de cerdos y aves (Figura 9).

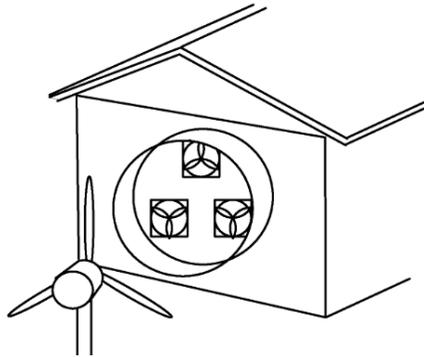


Figura 9. Generación de energía eléctrica del aire resultante de los ventiladores de un establo para la cría de aves y puercos US008939724B2

También propone el uso de un extractor donde se usen varios aerogeneradores o utilizar varios extractores con un solo aerogenerador además hace mención al uso de difusores para dirigir el flujo de mejor manera hacia el aerogenerador (Figura 10).

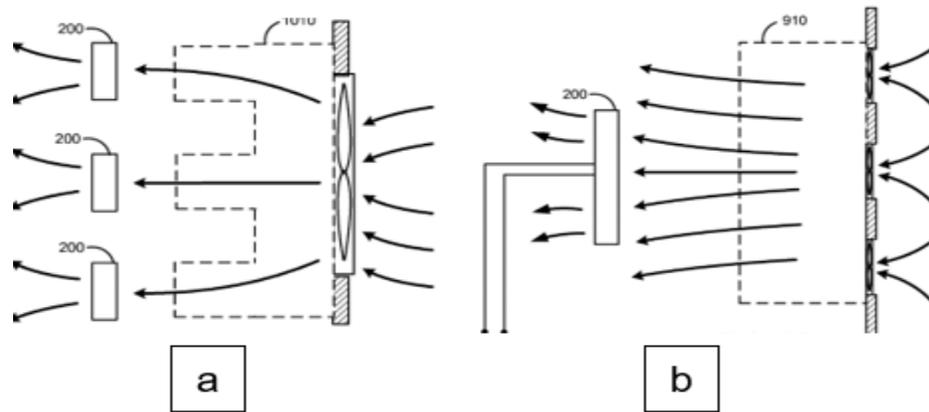


Figura 10. a) Generación de energía eléctrica colocando varios aerogeneradores al frente de un extractor b) Generación de energía eléctrica con un aerogenerador colocado al frente de varios extractores US008939724B2

- Por su parte (Farrell, 2015) propone el método de generación de electricidad que incluye colocar una turbina en comunicación fluida con un flujo de aire forzado desde un dispositivo de aire forzado usando un soporte que permita embragar el aerogenerador a la salida del aire forzado (Figura 11).

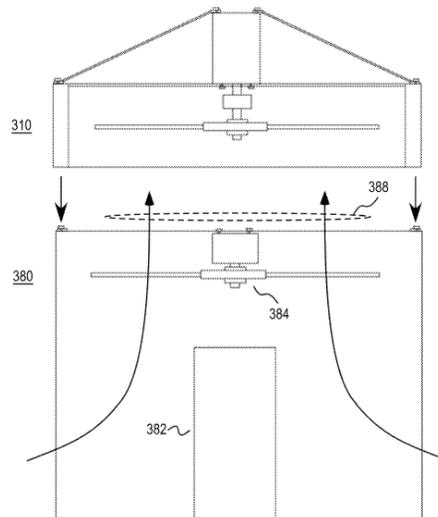


Figura 11. Soporte de aerogenerador para embrague en salida de aire forzado US008952557B2

- (Romantchik & Rios, 2016) proponen generar energía eléctrica mediante un aerogenerador colocado en posición frontal al extractor axial de un invernadero recuperando el aire residual que es arrojado al ambiente (Figura 12).

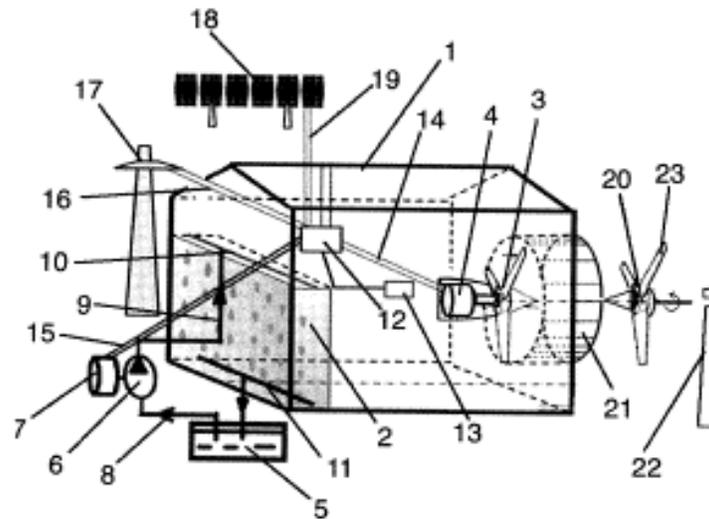


Figura 12. Recuperación de aire residual de un invernadero MXE2016075498

(Czamara et al., 2016) proponen colocar un aerogenerador a la salida de aire forzado de un centro de datos para generar energía eléctrica (Figura 13).

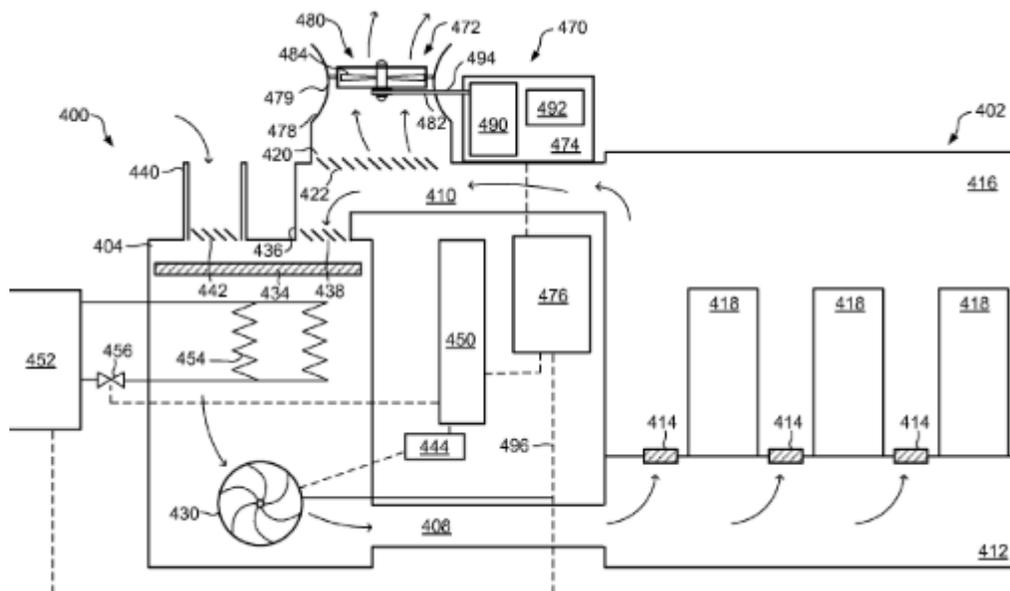


Figura 13. Generación de energía eléctrica que proviene de un sistema de manejo de aire en un centro de datos US009438087B2

(Romantchik & Coronado, 2020) proponen un banco de pruebas que permita estudiar el comportamiento del flujo de aire entre un extractor y un aerogenerador mediante una estructura que permite el acercamiento del aerogenerador al extractor

o viceversa y también esta estructura consta de un brazo con sensores que miden la velocidad del aire (Figura 14).

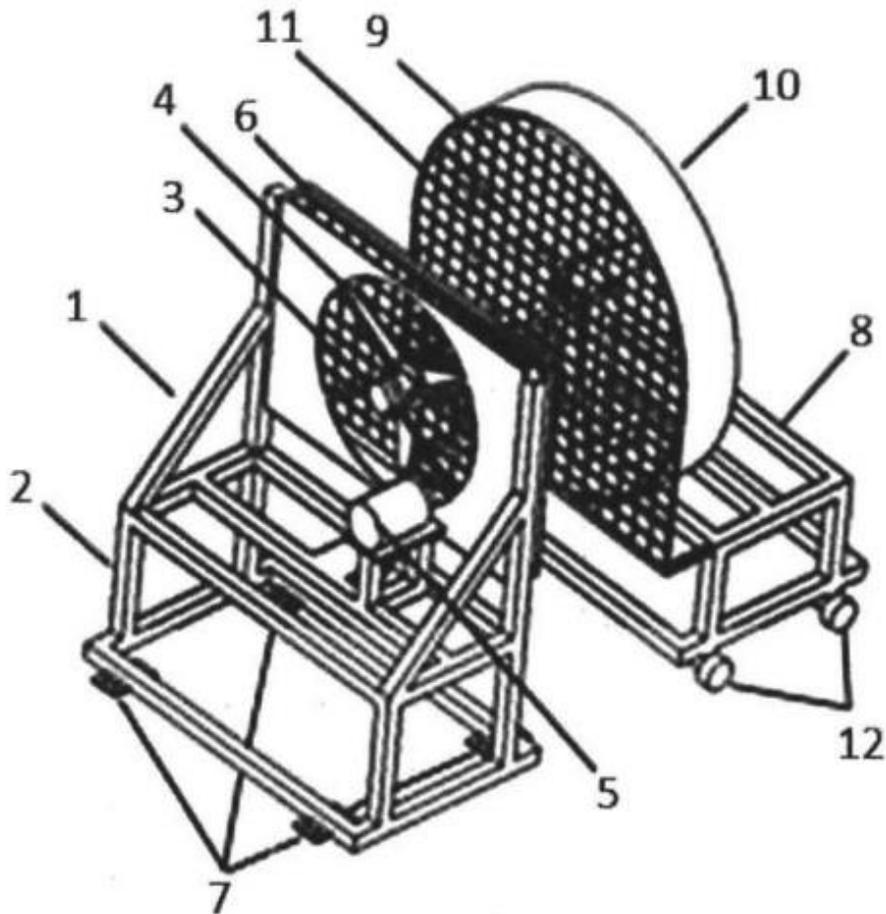


Figura 14. Banco de pruebas para evaluación y caracterización del flujo de aire expulsado por extractores para su aprovechamiento en aerogeneradores
MXE2020011891

2.2 Ventiladores(extractores)

Los ventiladores que realizan la función de succionar aire de un sistema cerrado se llaman extractores, los cuales tienen grandes índices de utilización debido a que incrementa la producción en procesos industriales y agrícolas, disminuyendo las altas temperaturas y la renovación de aire limpio desalojando sustancias tóxicas en el ambiente. (Soler & Palau, 2012)

2.3 Aerogeneradores eje horizontal

Los aerogeneradores de eje horizontal transportan la energía eólica sobre el eje del rotor. Este tipo de aerogeneradores están compuestos principalmente por un rotor, un cuerpo que contiene un generador eléctrico que es movido por una serie de engranes para incrementar la velocidad angular entregada. (Moragues & Rapallini, 2003)

2.3.1 Potencia de aerogenerador

La potencia generada de un aerogenerador depende directamente del diámetro del rotor (Checa et al., 2018) y la velocidad del aire (ecuación 1).

$$P = \frac{\pi \rho d v^3}{8} \quad (1)$$

Además de que se debe considerar que la energía almacenada en el viento no se aprovecha en su totalidad. Albert Betz demostró en 1919 que el porcentaje más alto que se puede aprovechar es el 59% de la energía cinética del viento (ecuación 2).

$$P = \frac{0.59 \pi \rho d^2 v^3}{8} \quad (2)$$

Donde:

P=Potencia generada por el aerogenerador (W)

ρ =densidad del aire (Kg/m^3)

v= velocidad del viento (m/s).

d=diámetro de las hélices (m).

2.4 Balance de energía

2.4.1 Balance de energía en el extractor

Según (Terrazas 2018) para poder determinar a donde se va la energía utilizada en el proceso de extracción de aire se describen los parámetros de medición, que se utilizaron para realizar el balance energético y determinar la eficiencia de extracción.

Primero se definió la potencia consumida por el motor eléctrico del extractor y como se transforma. La potencia eléctrica consumida por el extractor (P_{ele}) se transforma en la potencia gastada en impulsar el aire hacia el medio ambiente (P_{imp}), esta se transforma en un caso ideal donde no existen pérdidas en la potencia de salida (P_s) como se muestra en la ecuación (3) (Figura 15),

$$P_{ele} = P_{imp} = P_s \quad [W] \quad (3)$$

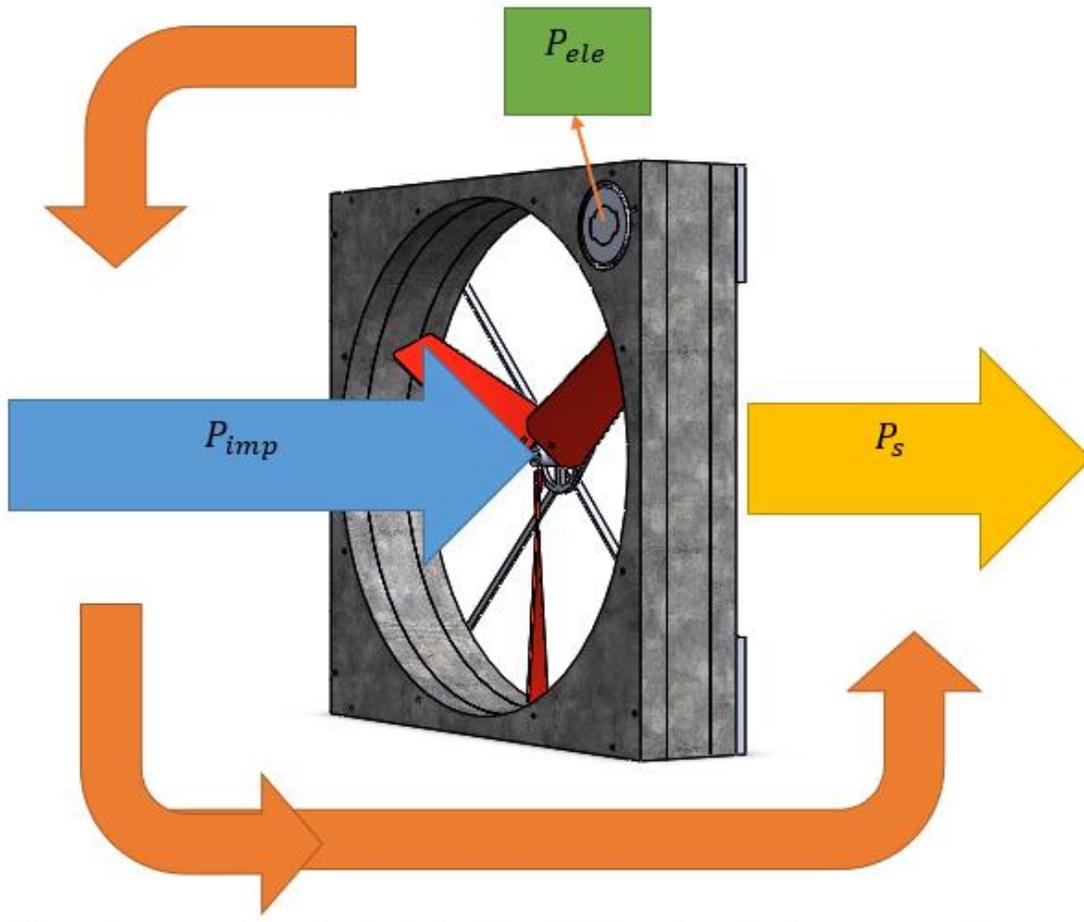


Figura 15. Balance de energía en el extractor

Sin embargo, es importante definir las pérdidas de potencia para considerar una aproximación más a la realidad, algunas de las pérdidas son:

- Primero se identifican las pérdidas por causas eléctricas (P_{elec})
 - En el cobre del estator se pierde potencia debido al efecto Joule (P_{es}).
 - La potencia de pérdidas en el hierro se refiere al asentamiento de corrientes parásitas y son de tipo magnético (P_h).
 - En el cobre del rotor también se da el efecto Joule por lo que se presentan pérdidas de potencia (P_{rot}).
- La siguiente parte donde se presentan pérdidas de potencia es en las partes mecánicas del equipo tales como rodamientos, ejes, poleas y correa de transmisión (P_{mec}).
- Por último, se encuentran las pérdidas al momento de transformar la energía mecánica de las aspas en energía eólica, ya que no toda la energía se transmite al aire (P_{asp}).

De aquí resulta el siguiente balance de potencias ecuación (4):

$$P_{imp} = P_{ele} - (P_{es} + P_h + P_{rot} + P_{mec} + P_{asp}) \quad [W] \quad (4)$$

Las pérdidas eléctricas se pueden representar como $P_{elec} = P_{es} + P_h + P_{rot}$ por lo que resulta la ecuación (5):

$$P_{imp} = P_{ele} - (P_{elec} + P_{mec} + P_{asp}) \quad [W] \quad (5)$$

Donde $P_{elec} = (0.01 \text{ a } 0.04)P_{ele}$, $P_{mec} = (0.01 \text{ a } 0.03)P_{ele}$ y $P_{asp} = (0.01 \text{ a } 0.02)P_{ele}$

2.4.2 Balance de energía en el aerogenerador

En el caso del aerogenerador se realiza el análisis energético en función de la energía eólica antes de pasar por las aspas de éste (P_s), la energía eléctrica generada (P_{rec}), y la potencia final del aire después de pasar por el aerogenerador. (Figura 16)

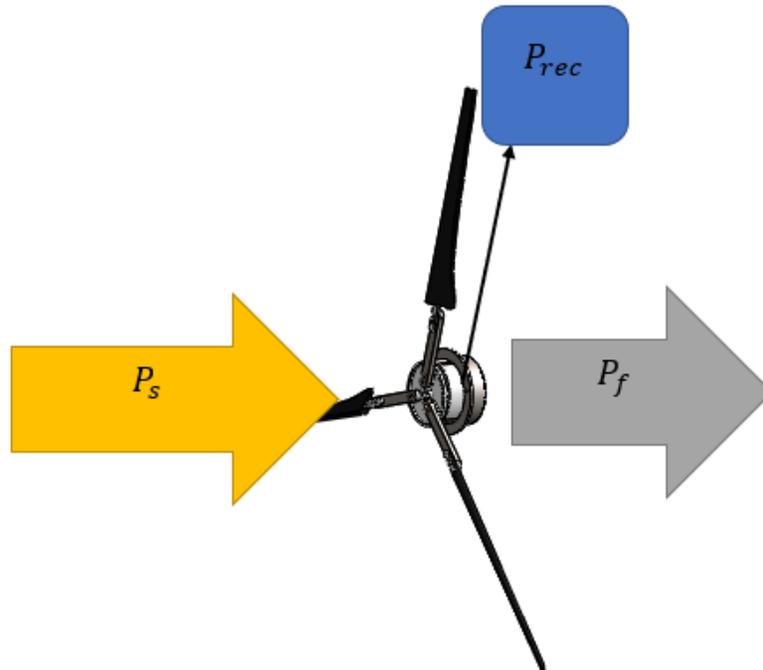


Figura 16. Balance de energía en el aerogenerador

Para determinar la distribución de la potencia eólica al pasar por el aerogenerador se utiliza la ecuación (6).

$$P_s = P_{rec} + P_f \quad [W] \quad (6)$$

Donde:

P_s : potencia del aire antes de pasar por el aerogenerador

P_{rec} : potencia eléctrica recuperada por el aerogenerador

P_f : potencia final del aire después de pasar por el aerogenerador

Sin embargo, en la ecuación (6) no se está considerando las pérdidas que ocurren durante el proceso de transformación de la energía.

Las principales pérdidas son:

- Pérdida de potencia debido a la eficiencia de las aspas del aerogenerador (P_{2asp}).

- Perdida de potencia debido a las partes mecánicas del aerogenerador (eje, rodamientos, engranajes) (P_{2mec}).
- Perdida de potencia debido a elementos eléctricos del aerogenerador (rotor, hierro, estator, cables, regulador de potencia) (P_{2elec}).

Para determinar la potencia eléctrica recuperada por el aerogenerador ya considerando todas las pérdidas durante el proceso es la ecuación (7)

$$P_{rec} = 0.59P_s - P_{2asp} - P_{2mec} - P_{2elec} \quad [W] \quad (7)$$

Donde: $P_{2asp} = (0.01 \text{ a } 0.02)0.59P_s$, $P_{2mec} = (0.01 \text{ a } 0.03)0.59P_s$ y $P_{2elec} = (0.01 \text{ a } 0.04)0.59P_s$

2.4.3 Balance de energía extractor aerogenerador:

Al realizar un análisis del conjunto extractor-aerogenerador para describir la distribución de la energía durante el proceso de recuperación.

Para determinar la potencia eléctrica recuperada por el conjunto extractor+ aerogenerador es la ecuación (8)

$$P_{rec} = 0.59P_s - P_{2asp} - P_{2mec} - P_{2elec}$$

$$P_{rec} = 0.59(P_{ele} - (P_{elec} + P_{mec} + P_{asp}) - P_{2asp} - P_{2mec} - P_{2elec}$$

$$P_{rec} = 0.59P_{ele}(1 - 0.01 - 0.01 - 0.01) - P_{ele}(0.01 + 0.01 + 0.01)$$

$$P_{rec} = 0.55P_{ele} \quad (8)$$

Esto quiere decir que se puede aprovechar el 55% de la potencia consumida por el motor del extractor.

2.4.4 Balance de energía teórico extractor Multifan 130 Aerogenerador Rassven 400W

Se tiene en cuenta un extractor de eje horizontal con una potencia consumida de 1.1 kW (P_{ele}) con un diámetro de 1.22 m (d_{ext}) y un caudal de $13.05 \text{ m}^3/\text{s}$ (Q_{ext})

Con el uso de la ecuación (15), la potencia recuperada (P_{rec}) con una potencia eléctrica en el extractor $P_{ele} = 1.1 \text{ kW}$

$$P_{rec} = 0.55P_{ele}$$

$$P_{rec} = 0.55(1100 W)$$

$$P_{rec} = 605 W$$

Por otra parte, se considerará la potencia recuperada con respecto a la superficie del rotor del aerogenerador. Recordando la formula del caudal (Q) tenemos la ecuación (9).

$$Q = A * v \quad (9)$$

Donde: A es el área del paso del flujo de aire (m^2) y v la velocidad del aire (m/s).

Despejando a (v) tenemos la ecuación (10).

$$v = \frac{Q}{A} \quad (10)$$

Sustituyendo la ecuación el área en la ecuación (10) obtenemos la ecuación (11).

$$v = \frac{Q}{\frac{\pi * d^2}{4}}$$
$$v = \frac{4 * Q}{\pi * d^2} \quad (11)$$

Para obtener la velocidad de aire que sale del extractor v_{ext} que sale del extractor tenemos la ecuación (12).

$$v_{ext} = \frac{4 * Q_{ext}}{\pi * d_{ext}^2} \quad (12)$$

Sustituyendo el caudal y el diámetro dados por el extractor obtenemos la velocidad de salida del extractor:

$$v_{ext} = \frac{4(13.05 \frac{m^3}{s})}{\pi * (1.2 m)^2}$$
$$v_{ext} = 11.53 \frac{m}{s}$$

La velocidad del extractor se considerará como velocidad promedio debido a que la velocidad varia a diferentes distancias del centro del extractor(perfiles de velocidad)(Terrazas, 2018) (Figura 17).

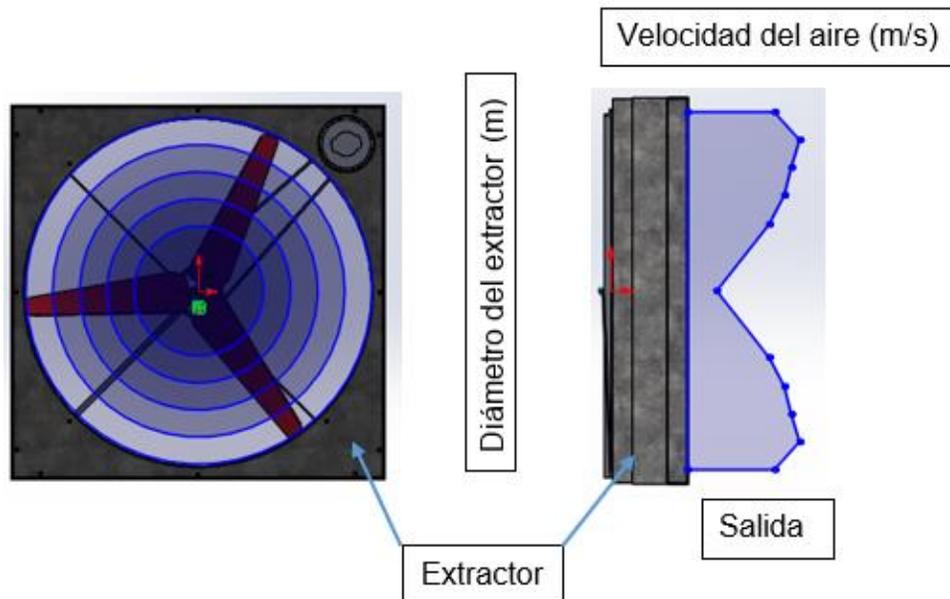


Figura 17. Comportamiento teórico de los perfiles de velocidad de aire de salida del extractor

Para un aerogenerador de que genera una potencia de 400 W (P_{gen}) a una velocidad nominal de 12 m/s (v_{nom}) con un diámetro de las hélices de 1.22 m (d_{aer}) fig. (Figura 18)

De la ecuación (9) calculamos la potencia máxima ($P_{m\acute{a}x}$) que puede obtenerse con un aerogenerador con el diámetro (d_{aer}) a una velocidad (v_{nom}) tenemos la ecuación (13).

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{0.59 \pi \Phi d_{nom}^2 v_{nom}^3}{8} \quad (13)$$

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{0.59 \pi (1,225 \frac{kg}{m^3}) (1.2 m)^2 (12 \frac{m}{s})^3}{8}$$

$$P_{m\acute{a}x} = 706.2 \text{ W}$$

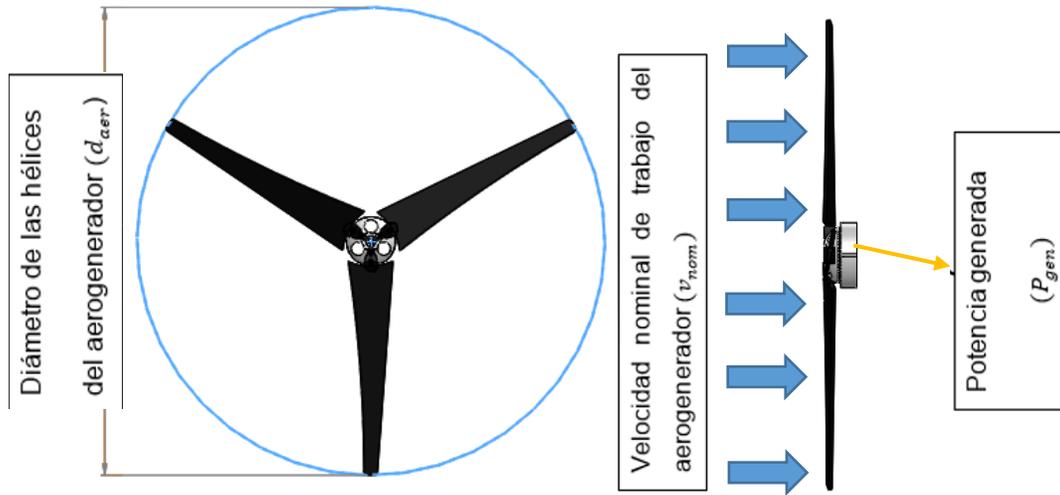


Figura 18. Potencia generada de acuerdo al diámetro del aerogenerador

Mientras la potencia dada por el aerogenerador es de 400 W entonces la eficiencia para este aerogenerador en particular es de 56.64%

Para el mismo aerogenerador, añadiendo barras de 0.12 m como extensiones creando un diámetro de las hélices de 1.5 m (d_{barr}) creando un diámetro nulo donde no se recupera energía eólica de 0.46 m (d_{nulo}) Figura 19.

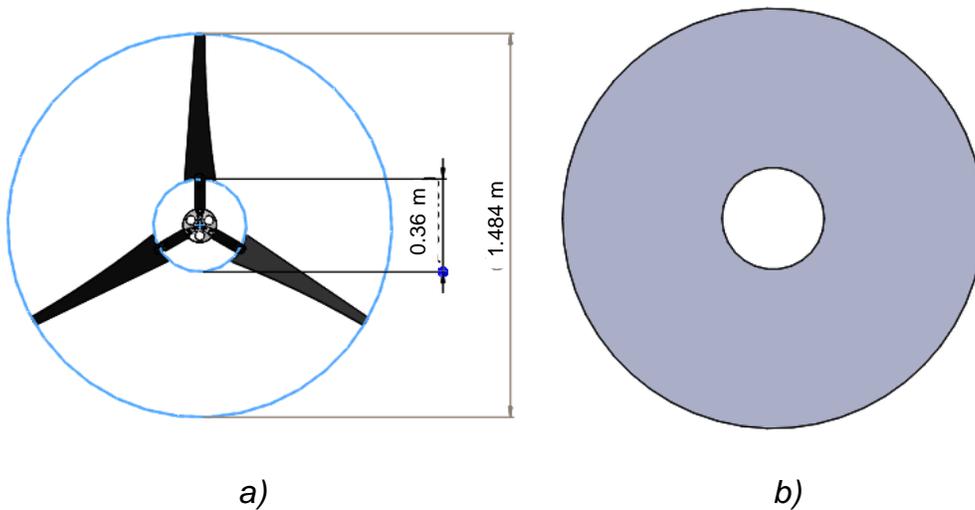


Figura 19. a) Diámetro con extensiones y diámetro nulo del aerogenerador b) Superficie de aprovechamiento de energía eólica

La potencia del aerogenerador más extensiones $P_{aer+barr}$ se obtiene con la ecuación (14).

$$P_{aer+barr} = (0.5664) \left(\frac{0.59 \pi \Phi [(d_{barr})^2 - (d_{nulo})^2] v_{nom}^3}{8} \right) \quad (14).$$

Si se utiliza un difusor cónico con un diámetro menor de 1.2 m (d_{menor}), un diámetro mayor de 1.5 m (d_{mayor}) y con una altura de 0.5 m (h_{cono})(Figura 20).

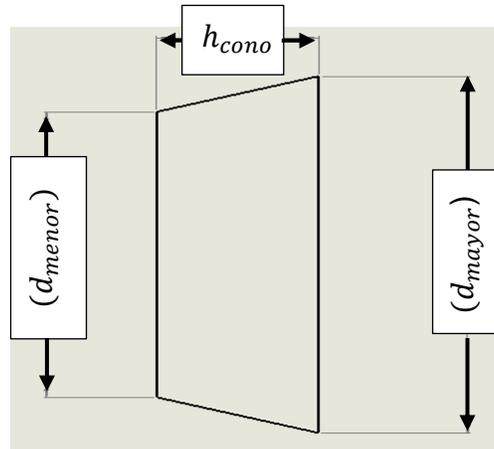


Figura 20. Difusor cónico

El comportamiento del flujo de aire de un extractor tiende a irse hacia los extremos y con el uso de un difusor conico permite conservar la velocidad de el aire(

Figura 21

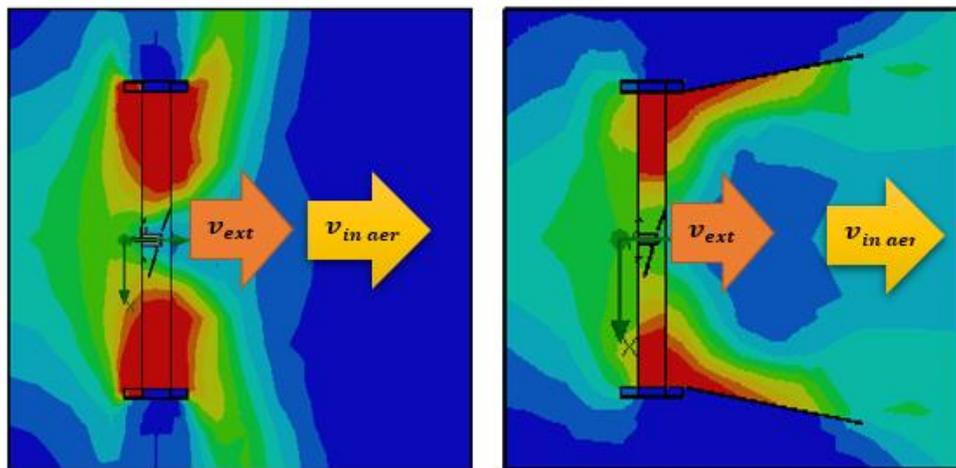


Figura 21. a) Comportamiento del flujo del extractor solo, b) Comportamiento del flujo del extractor con cono

Entonces la velocidad del aire emitida por el extractor (v_{ext}) al inicio del cono sera la misma que la de la entrada del aerogenerador($v_{in aer}$) a la salida del cono extractor con difusor cónico

La potencia del aerogenerador más extensiones $P_{aer+barr}$ y el uso de un difusor cónico se obtiene con la ecuación (15).

$$P_{aer+barr} = (0.5664) \left(\frac{0.59 \pi \Phi [(d_{barr})^2 - (d_{nulo})^2] v_{ext}^3}{8} \right) \quad (15).$$

$$P_{aer+barr} = (0.5664) \left(\frac{0.59 \pi (1,225 \frac{kg}{m^3}) [(1.5 m)^2 - (0.45 m)^2] (11.53 \frac{m}{s})^3}{8} \right)$$

$$P_{aer+barr} = 504.5 W$$

Con el uso de extensiones de 0.15 m y el uso de un difusor cónico incrementa 26.12% la potencia que puede generar el aerogenerador trabajando a una velocidad nominal (v_{nom}) de 11.53 m/s

Que equivale a 83.38 % de la energía que se puede recuperar de un extractor Multifan 130

2.5 Diseño en la ingeniería

El diseño es un proceso donde se realiza una serie de iteraciones que sirven para retroalimentar cada parte del proceso y satisfacer mediante la realización de planos que servirán para construir un dispositivo funcional. (French, 1985) (Figura 22).

2.5.1 Diseño conceptual

El diseño conceptual es aquel proceso inicial que tiene como propósito partir de una idea la cual está dispuesta a ser cambiada para el mejoramiento y cumplimiento de las necesidades del problema a resolver. (Guerrero et al., 2014)

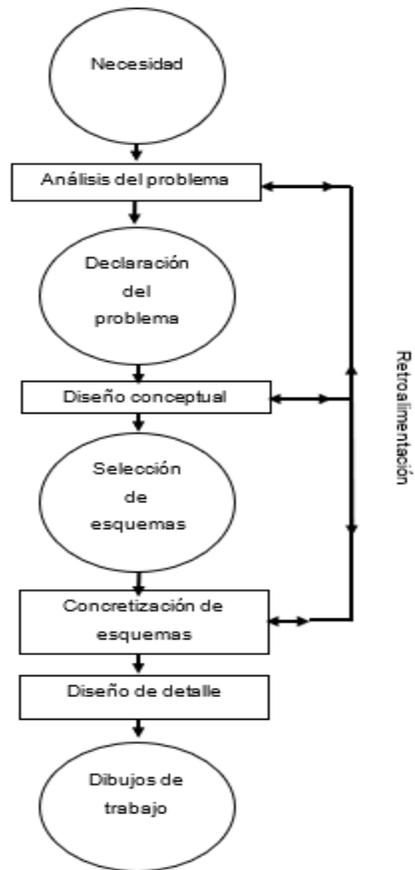


Figura 22. Proceso de diseño según French

2.5.2 . Diseño de detalle

Es la fase que sigue después del diseño conceptual después de haber seleccionado adecuadamente los esquemas y en este se lleva a cabo procesos para asegurar el funcionamiento de un prototipo o dispositivo

2.5.3 Diseño asistido por computadora (CAD)

El diseño asistido por computadora (CAD) es la herramienta que en la actualidad ayuda al diseñador a llevar todo el proceso de diseño facilitando fuentes de información gracias al uso de la tecnología..(Budynas & Keith, 2008)

El CAD representa el producto de piezas y modelos técnicos que pueden ser llevados a procesos de ingeniería y asegurar un diseño.(González et al., 2013)

2.6 Referencias

Ardilla, J., Rojano, C., & Rodríguez, A. (2016). Diseño de túnel de viento didáctico

para el estudio de curvas características de ventiladores en el ITM. *Tesis*.

Berenda, R., & Ferenci, J. (2009). *ENERGY RECOVERY SYSTEM INCLUDING A FLOW GUIDE APPARATUS*. 1(12).

Berenda, R., & Jack, F. (1996). *United States Patent (19)*. 19.

Budynas, R., & Keith, J. (2008). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. In *Mc Graw Hill* (8va ed.).

Checa, E. F., Escobar, E., Paz, F. D., & Carlos, M. (2018). Metodología para la determinación de características del viento y evaluación del potencial de energía eólica en Túquerres-Nariño. *Revista Científica*, 1(31), 19–31. <https://doi.org/10.14483/23448350.12304>

Chew, P. S., Abdullah, A. F., Sean, O. C., & Ching, T. C. (2011). Exhaust Air and Wind Energy Recovery System for Clean Energy Generation. *International Conference on Environment and Industrial Innovation*, 12, 45–49.

Cohen, L. (2002). *ELECTRICITY GENERATION FROM AIR CONDITIONING EXHAUST* (p. 4). United States Patent. <https://patents.google.com/patent/US6365985B1/en>

Czamara, M., Brock, R., & Morales, O. (2016). *ENERGY RECLAMATION FROM AIR-MOVING SYSTEMS* (Vol. 2). United States Patent. <https://patents.google.com/patent/US8941256B1/en>

DeLuca, R. (2012). *ENERGY PRODUCING WIND TURBINE FOR LABORATORY EXHAUST SYSTEMS*.

Etchamendi, A. C. S., Frigo, J. P., & Junior, O. H. A. (2019). Propuesta de un Sistema Eólico con Ducto Direccional para el Aprovechamiento de la Energía Residual de una Avícola. *Engenharia de Energias*, 12. <http://dspace.unila.edu.br/123456789/5139>

Farrell, T. (2015). *TURBINE APPARATUS AND METHOD FOR ENERGY RECLAMATION AND GENERATION OF ELECTRICAL POWER FROM*

- FORCED-AIR SYSTEMS*. <https://patents.google.com/patent/US8952557/en>
- González, B., Garriga, J., & Aquino, A. (2013). EL DESARROLLO DE LA HABILIDAD PROFESIONAL “REPRESENTAR” MEDIANTE EL DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA Lic. *International Migration Review*, 47(2), 330-373. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/imre.12028/abstract>
- Guerrero, M., Hernandis, B., & Agudo, B. (2014). Estudio comparativo de las acciones a considerar en el proceso de diseño conceptual desde la ingeniería y el diseño de productos. *Ingeniare*, 22(3), 398–411. <https://doi.org/10.4067/S0718-330520140003000010>
- Jeffrey, G. (2012). (12) *Patent Application Publication (10) Pub . No .: US 2012 / 0286657 A1 Patent Application Publication*. 1(19).
- Koya, H., William, D., & Emlyn, R. (2015). *SYSTEMAND METHODS FOR WIND ENERGY RECAPTURE FROMANON NATURAL WIND SOURCE* (Vol. 2, p. 31). United States Patent. <https://patents.google.com/patent/US8939724B2/en>
- Moragues, J., & Rapallini, A. (2003). Energia Eolica. *Instituto Argentino de La Energía*, 22. http://www.iae.org.ar/renovables/ren_eolica.pdf
- Romantchik, E., & Coronado, D. (2020). *BANCO DE PRUEBAS PARA EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL FLUJO DE AIRE EXPULSADO POR EXTRACTORES PARA SU APROVECHAMIENTO EN AEROGENERADORES*. <https://doi.org/MXE2020011891>
- Romantchik, E., & Rios, E. (2016). *Invernadero con sistema de enfriamiento de pared humeda que integra un equipo de aprovechamiento de energioresidual*.
- Romantchik, K. E., Santos, H. A. M., Terrazas, A. D., & Martínez, J. I. (2020). RECUPERACIÓN DE ENERGÍA DEL AIRE DE SALIDA DE LOS EXTRACTORES EN INVERNADEROS. *CIES 2020*, 1–8.
- Soler, & Palau. (2012). Conceptos basicos de la ventilación. In *Ventiladores axiales: qué son, características y prestaciones* (pp. 1–9).

Terrazas, D. (2018). Recuepración de energia eólica residual de aire en invernaderos. In *Tesis de Posgrado de Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua*. Universidad Autónoma Chapingo.

3 DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN DISPOSITIVO:EXTRACTOR AXIAL - AEROGENERADOR CON EJE HORIZONTAL

Balderas R., B¹.; Romantchik K., E¹.; Cruz M., P.¹; Hidalgo R., M.¹

¹Posgrado de Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua, Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco, Km 38.5. Chapingo, Estado de México. C.P. 56230. México. Contacto de autor de correspondencia: ber280394@gmail.com.

3.1 Resumen

El uso de extractores de aire representa un aumento de producción tanto en sistemas agrícolas como industriales, así como una fuente de energía eólica, sin embargo, también genera un gasto por consumo eléctrico. Por tal razón este trabajo tiene como objetivo diseñar, construir y evaluar un dispositivo extractor-aerogenerador, el dispositivo consta de un extractor con un ensamble de un cono y un aerogenerador para aprovechar la energía eólica residual del mismo extractor. Se desarrollo el diseño del dispositivo en 3D mediante Solid Works de un dispositivo extractor-aerogenerador el cual consta de un extractor Multifan 130 que se ensambla a un cono y un aerogenerador Rassven 400 mediante el uso de una estructura. Para la evaluación se construyó el dispositivo y se realizaron mediciones de velocidad de aire en la entrada y salida del extractor, velocidad angular en extractor y aerogenerador y voltaje y amperaje consumidos por el motor del extractor y generados por el aerogenerador, para cuatro diferentes tratamientos: extractor solo, extractor con cono, extractor con aerogenerador y extractor con cono y aerogenerador. Se realizaron análisis estadísticos obteniendo distribuciones de potencia para cada tratamiento y se observó que con el uso de un cono T2 incremento un 32.34% de la potencia eólica disponible de cuando no se usa cono T1. Se demostró también que al utilizar un cono T4 la potencia transformada del aerogenerador es 5 veces mayor que cuando no se utiliza un cono T3.

Palabras clave: Extractor, aerogenerador, ensamble, energía eólica residual, potencia transformada.

3.2 Abstract

The use of air extractors represents an increase in production in both agricultural and industrial systems, as well as a source of wind energy, however, it also generates a cost for electricity consumption. For this reason, this work aims to design, build and evaluate an extractor-wind turbine device, the device consists of an extractor with an assembly of a cone and a wind turbine to take advantage of the residual wind energy from the same extractor. The design of the device was developed in 3D using Solid Works of an extractor-wind turbine device which consists of a Multifan 130 extractor that is assembled to a cone and a Rassven 400 wind turbine by using a structure. For the evaluation, the device was built and measurements were made of air speed at the inlet and outlet of the extractor, angular velocity in the extractor and wind turbine, and voltage and amperage consumed by the extractor motor and generated by the wind turbine, for four different treatments: extractor alone, extractor with cone, extractor with wind turbine and extractor with cone and wind turbine. Statistical analyzes were carried out obtaining power distributions for each treatment and it was observed that with the use of a T2 cone, a 32.34% increase in the available wind power compared to when T1 cone is not used. It was also shown that when using a T4 cone, the transformed power of the wind turbine is 5 times greater than when a T3 cone is not used.

Keywords: Extractor, wind turbine, assembly, residual wind energy, transformed power.

3.3 Introducción

El diseño asistido por computadora (CAD por sus siglas en inglés) es la principal herramienta para el diseñador, ya que su uso permite diseños más exactos dispositivo y con mayor facilidad de realizar cambios antes de fabricar una pieza o (Díaz et al., 2019) mencionan que usar este tipo de herramientas es de gran ventaja económica.

El diseño optimo resulta de después una serie de iteraciones del diseño conceptual (Gutiérrez et al., 2019), donde también se requiere contar con métodos, técnicas y

herramientas que permitan resolver interdisciplinariamente, desde la ingeniería y el diseño, de una manera más rápida e integral las propuestas y definición del diseño (Guerrero et al., 2014).

En los últimos años ha incrementado el interés por la generación de energía eléctrica a través de aerogeneradores posicionados a la salida de sistemas de aire forzado, esta energía eléctrica se genera mediante un aerogenerador que aprovecha la energía eólica residual de los extractores que comúnmente es expulsada al medio ambiente (Degefa & Teferi, 2014; Etchamendi et al., 2021; Romantchik et al., 2020). Existen diferentes propuestas para la generación de energía eléctrica con aerogeneradores posicionados a la salida de aire de diversos sistemas: (Koya et al., 2015) propone diferentes métodos para la generación de energía eléctrica aprovechando el aire residual, donde propone utilizar diferentes configuraciones de extractores y aerogeneradores, todos con el principio de colocar el aerogenerador en la dirección del flujo de aire de salida, explica que las aplicaciones se pueden realizar en establos de cerdos y galpones de pollos; (Czamara et al., 2016) proponen la generación de energía eléctrica moviendo una turbina eólica con el aire expulsado en la salida de aire de un sala de ordenadores, donde el aire regula la temperatura de los dispositivos informáticos;(Farrell, 2015)propone un aparato generador de energía eléctrico con aire forzado y una carcasa que permite recibir el flujo del aire de un dispositivo de aire forzado y a su vez funciona como enganche del generador de energía;(Romantchik & Rios, 2016)proponen aprovechar la energía residual de los extractores de un invernadero y así poder generar energía eléctrica y a su vez controlar el ambiente dentro del invernadero para un mayor desarrollo de las plantas dentro de este, la generación de energía es colocando un aerogenerador colineal mente a la salida del extractor;(Romantchik & Coronado, 2020)proponen un banco de pruebas de un extractor con aerogenerador, donde el banco de pruebas es una estructura que soporta un extractor y la estructura permite aproximar el aerogenerador o viceversa para evaluar el flujo a diferentes distancias, midiéndolas diferentes variables de aire con un brazo que tiene múltiples sensores y así evaluar la eficiencia del

aerogenerador a diferentes distancias . Sin embargo, ninguna investigación ha diseñado, construido y evaluado un dispositivo extractor + aerogenerador.

El objetivo de este trabajo es diseñar, construir y evaluar un dispositivo que resulta un ensamble de un extractor y un aerogenerador, proporcionando información que soporten la funcionalidad del dispositivo.

3.4 Materiales y métodos

El desarrollo y evaluación del dispositivo se llevó a cabo dentro de las instalaciones del Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola en el centro experimental de energías renovables y biosistemas de la Universidad Autónoma Chapingo Texcoco Estado de México.

3.4.1 Diseño

Se realizó el diseño conceptual 3D con el programa Solid Works de un extractor axial con un aerogenerador de eje horizontal, instalando un cono para mejorar el movimiento de aire y con la estructura que funciona como unión entre extractor, aerogenerador y cono.

Para el diseño de detalle seleccionamos un extractor de pared Multifan 130 de eje horizontal con un número de aspas de 3, una potencia consumida de 1.1 kW, un diámetro de 1.2 m y un caudal de 13.05 m³/s, y aerogenerador Rassven 400 con un número de aspas de 3 que genera una potencia nominal de 400 W, una velocidad nominal de 12 m/s, un diámetro de rotor de 1.2 m, se agregaron extensiones de 0.15 m para crear un diámetro de rotor de 1.5 m.

3.4.2 Construcción: fabricación y ensamble

Para construcción del dispositivo extractor-aerogenerador se utilizó un extractor Multifan 130 de eje horizontal con un número de aspas de 5, el cono, la estructura que se realizaron en el taller de mecánica agrícola de la UACH y aerogenerador. El cono está fabricado de lámina galvanizada calibre 26 acero ASTM A653, manufacturado en cuatro secciones y tiene un diámetro de la base menor de 1.2 m y un diámetro de la base mayor de 1.5 m con una altura de 0.605 m. La estructura está fabricada de PTR cuadrado de 1 pulgada calibre 18 de acero ASTM A513. consta de cuatro brazos que en sus extremos se comunican extractor y

aerogenerador. La distancia entre extractor y el aerogenerador es de 0.5 m de acuerdo con investigación de (Romantchik et al., 2021).

3.4.3 Evaluación del dispositivo extractor-aerogenerador

Para la evaluación se midieron, calcularon y analizaron los siguientes parámetros: velocidades de aire en diferentes puntos, velocidades angulares de extractor y aerogenerador, voltaje y amperaje del motor del extractor y del aerogenerador, caudales de aire de entradas y salidas, potencias eléctricas y eólicas.

En cada tratamiento se realizaron 10 pruebas de medición (velocidad de aire, velocidad angular, voltaje y amperaje). Ya que se realizó la medición de la velocidad del viento en el lugar y se observó una oscilación entre 0.20 m/s y 2 m/s. Para los resultados se aplicó un análisis de datos con estadística descriptiva obteniendo la Media y la Desviación estándar.

Para evaluar el equipo se realizaron los cuatro tratamientos siguientes:

T1: Extractor solo

T2: Extractor con cono

T3: Extractor con aerogenerador

T4: Extractor con cono y con aerogenerador

En la Figura 1 se presentan los puntos de medición de velocidad de aire a lo largo del eje horizontal del diámetro en la entrada y salida del extractor desde 0 m hasta 0.6 m. A la distancia de 0.5 m después del extractor y después de aerogenerador se realizaron mediciones desde 0 m a 0.75 m a lo largo del eje horizontal del diámetro con intervalos de 0.05 m entre punto y punto.

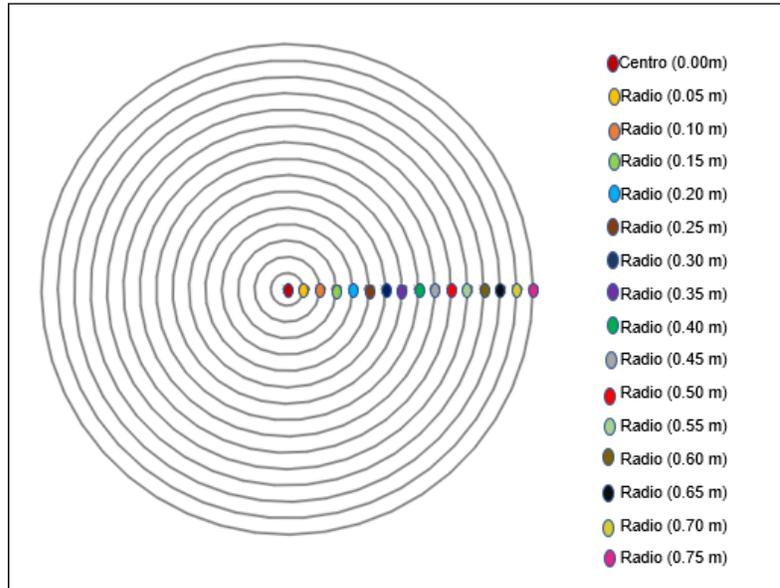


Figura 1. Puntos de medición de aire

Para el cálculo del caudal de entrada, salida, a una distancia de 0.5 m de la salida y adicionalmente después del aerogenerador se utilizó la ecuación 1.

$$Q = \sum(\Delta A_i * v_i) \quad (1)$$

Donde;

Q = Caudal (m^3/s)

ΔA_i = Área donde pasa el aire a una velocidad (m^2)

v_i = Velocidad en un punto de medición (m/s)

Para el cálculo de las potencias de aire se utilizó la ecuación 2

$$P_{eo} = 0.5 * \rho * \sum(\Delta A_i * v_i^3) \quad (2)$$

Donde;

P_{eo} = Potencia eólica (W)

ρ = Densidad del aire ($1.225 kg/m^3$)

ΔA_i = Área donde pasa el aire a una velocidad (m^2)

v_i^3 = Velocidad en un punto de medición al cubo (m^3/s^3)

Para el cálculo de la potencia consumida debido a ser un motor monofásico se utilizó la ecuación 3.

$$P_{el} = V * I * \eta \quad (3)$$

Dónde:

P_{el} = Potencia eléctrica (W).

I = Intensidad de corriente (A).

V = es el voltaje (V)

η = Eficiencia del motor.

Para el cálculo de la potencia generada se utilizó la ecuación 4

$$P_{ge} = V * I \quad (4)$$

Dónde:

P_{ge} = Potencia eléctrica (W).

I = Intensidad de corriente (A).

V = es el voltaje (V)

Para realizar las mediciones se utilizó:

-velocidad del aire - un anemómetro digital Steren modelo: HER-440 de medición directa, rango de medición: 0.8~40 m/s, precisión:0,80 - 30,00 m/s \pm (2,0% + 50D) y Resolución: 0,01m/s.

- velocidad angular - un tacómetro digital Steren modelo: HER-415, tipo laser: Clase 2, Potencia de laser:1 mW, Longitud de onda: 630 a 670 nm, Resolución: 0.1 RPM y Conteo máximo: 0 a 99 999.

-voltaje y amperaje - 3 multímetros:

Multímetro True Rms Steren modelo: MUL-100, VCD: 200 mV a 600 V precisión \pm 0,8%, VCA: 2 a 600 V precisión \pm 1,0%, Corriente ca 200 mA-20 A \pm 3%, 20/200 A \pm 2,5%, 200/600 A \pm 1,5%, Temperatura de operación: 0 a 50 °C,

multímetro Steren, modelo: Mul 270 de 200 mV a 1000 Volts VCD (resolución 0.1 mV), 2 a 750 Volts VCA (resolución 0.1 mV), de 2 mA a 20 Amperes ACD (resolución 1 μ A), de 20 mA a 20 Amperes ACA (resolución 10 μ A),

multímetro Digital Truper, modelo Mut-830, de 200 mV a 1000 Volts VCD (resolución 100 μ A), 2 a 750 Volts VCA (resolución 100 mV), de 2 mA a 10 Amperes ACD (resolución 1 μ A), de 20 mA a 20 Amperes ACA (resolución 10 μ A).

3.5 Resultados y discusiones

3.5.1 Diseño de extractor- aerogenerador

En la Figura 2 se presenta el resultado del diseño en CAD del dispositivo extractor-aerogenerador mostrando las partes principales del dispositivo conformado por un extractor axial (1) que realiza la función de extraer aire de sistemas cerrados, un cono (2) que permite dirigir el flujo de aire hacia el aerogenerador. un aerogenerador (3) que recupera energía eólica residual del extractor transformándola a energía eléctrica y una estructura (4) que permite el ensamble de un cono y un aerogenerador al extractor.

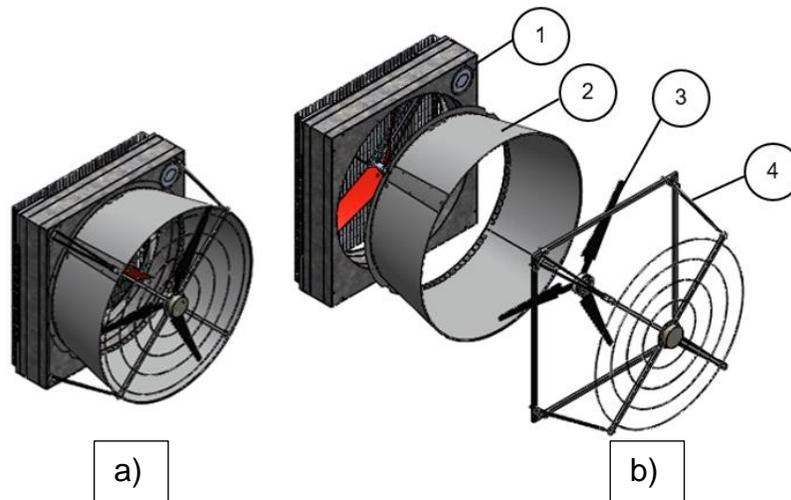


Figura 2. Vistas isométricas a) dispositivo extractor -aerogenerador b) explosionado de las partes principales del diseño del dispositivo extractor- aerogenerador

3.5.2 Construcción del dispositivo

En la Figura 3 se presenta el resultado de la fabricación y ensamble del dispositivo extractor-aerogenerador mostrando sus componentes principales: extractor Multifan

130(1), cono (2), aerogenerador (3), estructura (4) y banco de pruebas de extractor (5).



Figura 3. Ensamble extractor - aerogenerador

3.5.3 Evaluación del dispositivo extractor- aerogenerador

Para el tratamiento 1 (Figura 4), se presentan los resultados de medición y análisis de:

- La velocidad de aire de entrada del extractor;
- La velocidad de aire de salida del extractor;
- La velocidad de salida a 0.5 m del extractor

El área de mayor velocidad a 0.5 m se encuentra entre los radios de 0.2 m a 0.75 m (rectángulos verdes), la potencia de aire en dicha área es equivalente al 99.96 % de la potencia de aire a 0.5 m. Por lo tanto, se puede concluir que al colocar un aerogenerador a 0.5 m el área entre los radios 0.2 m y 0.75 m es la más importante para la generación de potencia eléctrica.

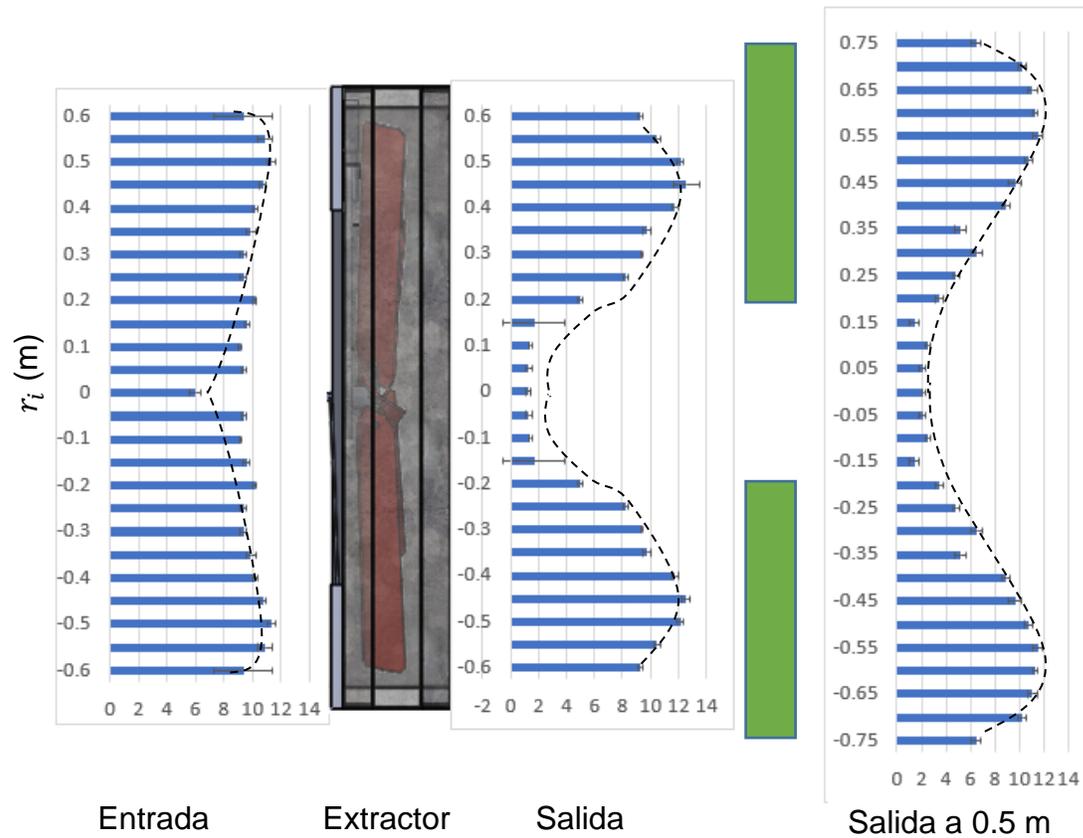


Figura 4. Velocidades de entrada y salida a 0.5 m del extractor (Tratamiento 1)

En la Figura 5 se presentan el resultado de los cálculos de caudal de entrada, caudal de salida y caudal de salida a 0.5 m del extractor del tratamiento 1.

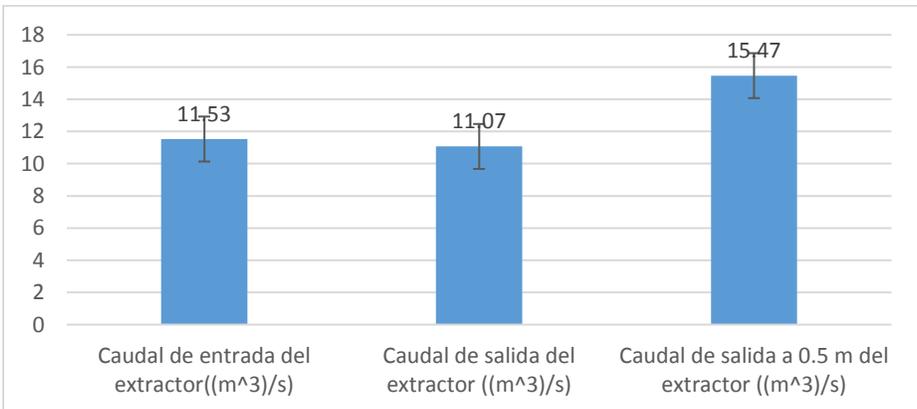


Figura 5. Caudales de entrada, salida y salida a 0.5 m del extractor (Tratamiento 1)

El caudal de salida es muy similar a el caudal de entrada, sin embargo a 0.5 m el caudal es mayor en 34.17% al de la entrada. El aumento de caudal a la distancia se

puede explicar por diferentes causas: aspiración de aire adicional (efecto Dyson) y/o la dirección de movimiento de aire.

En la Figura 6 se presentan los resultados de los cálculos de las potencias de aire de entrada y salida, así como la potencia eléctrica consumida por el motor eléctrico del tratamiento 1. La potencia eléctrica consumida por el motor del extractor de 1268.3 W se transforma en potencia mecánica en el movimiento de las aspas del extractor, la cual se transforman primero en potencia de aire de succión de 745.6 W y después en potencia de aire por impulso llegando a una potencia eólica a la salida de 925.1 W.

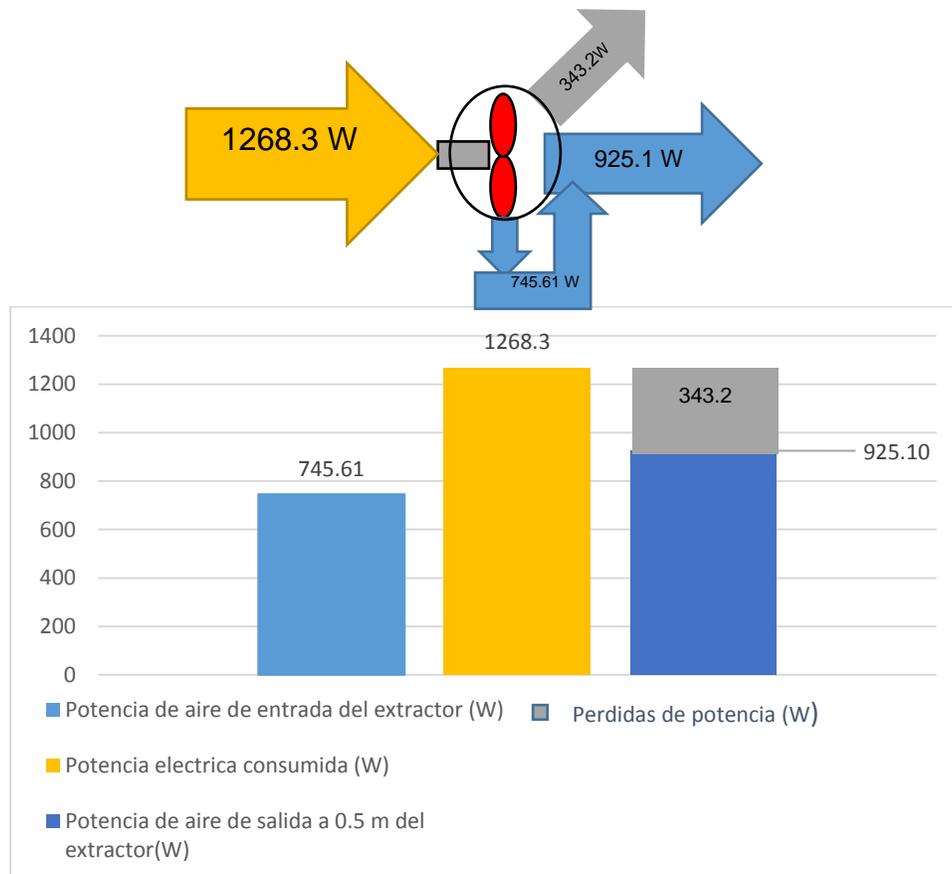


Figura 6. Presentación de las potencias y su distribución en tratamiento 1

Entonces se puede concluir que 343.2 W son por pérdidas de potencias y que existe un 72.9 % de potencia de aire disponibles para generar energía eléctrica en lugar de liberarlos a la atmosfera.

Para el tratamiento 2 (Figura 7), se presentan los resultados de medición de:

- La velocidad de aire de entrada del extractor
- La velocidad de aire de salida del extractor
- La velocidad de salida a 0.5 m del extractor

El área de mayor potencia a 0.5 m se encuentra entre los radios de 0.35 m a 0.75 m (Área verde). La potencia de aire en dicha área equivale al 99.91 % de la potencia de aire a 0.5 m. Por lo tanto, se puede concluir que al utilizar un cono y colocar un aerogenerador a 0.5 m, el área entre los radios 0.35 m y 0.75 m es la más importante para la generación de potencia eléctrica.

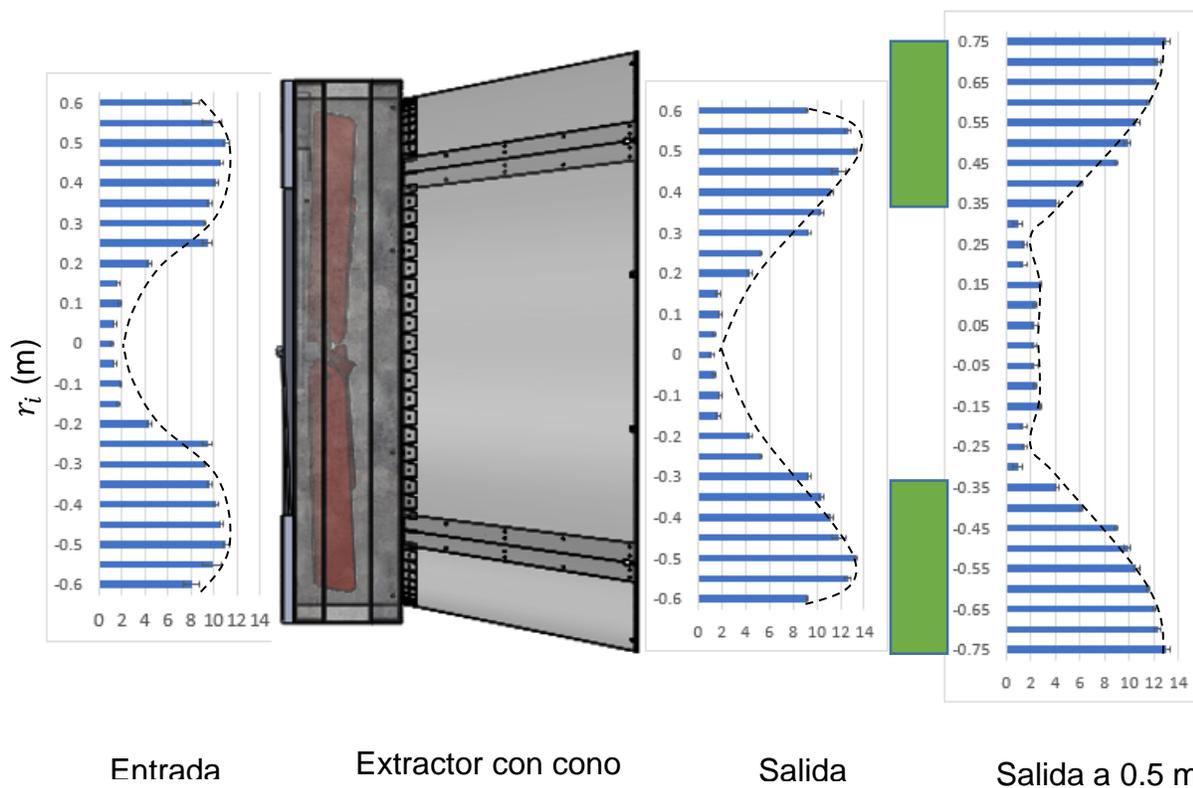


Figura 7. Velocidades de entrada y salida a 0.5 m del extractor (Tratamiento 2)

En la Figura 8 se presentan el resultado de los cálculos de caudal de entrada, caudal de salida y caudal de salida a 0.5 m del extractor del tratamiento 2. El caudal calculado de salida es muy similar a el caudal de entrada, sin embargo a 0.5 m el caudal es mayor en 46.13% al del caudal de la entrada.

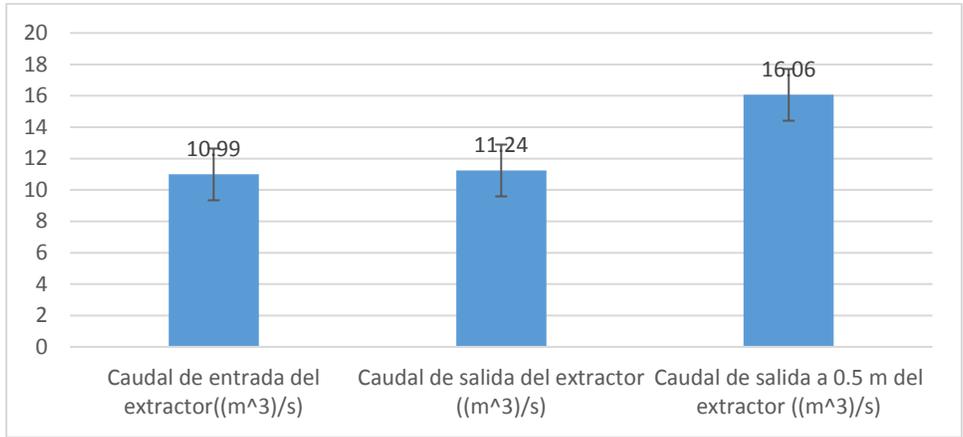


Figura 8. Caudales de entrada y salida a 0.7m (Tratamiento 2)

En la Figura 9 se presentan los resultados de los cálculos de las potencias de aire de entrada y salida, así como la potencia eléctrica consumida por el motor eléctrico del tratamiento 2.

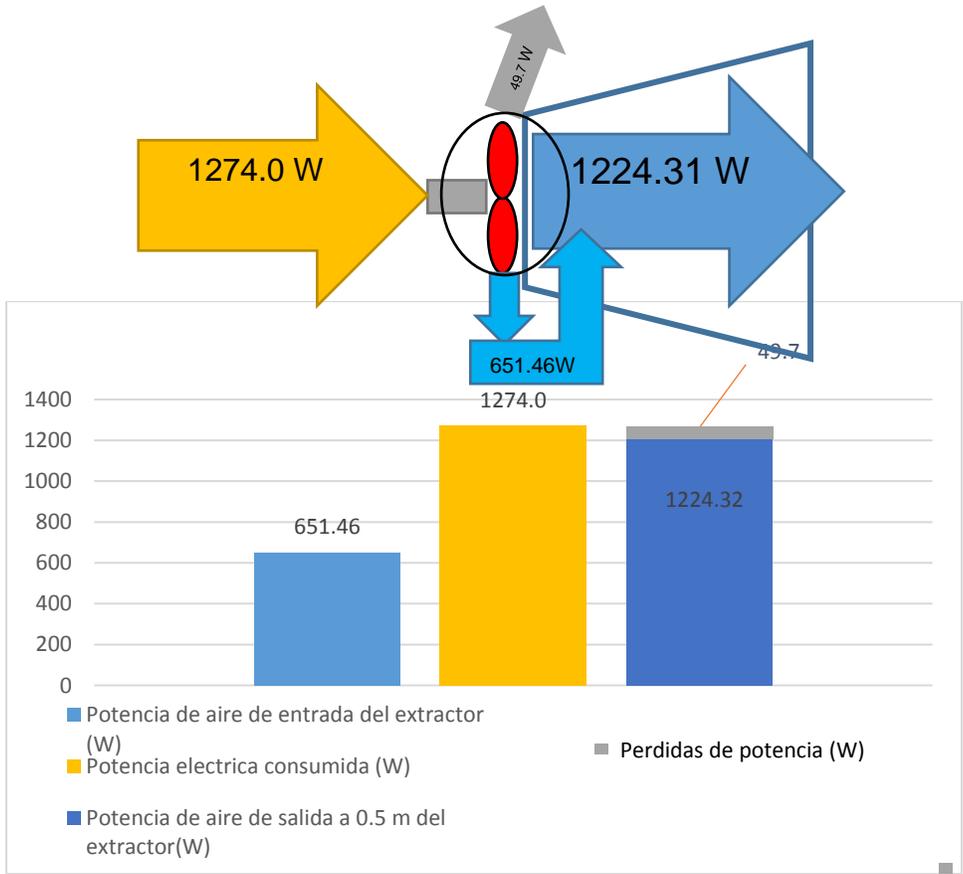


Figura 9. Presentación de las potencias y su distribución en tratamiento 2

La potencia eléctrica consumida por el motor del extractor de 1274 W se transforma en potencia mecánica en el movimiento de las aspas del extractor, la cual se transforman primero en potencia de aire de succión de 651.46 W y después en potencia de aire por impulso llegando a una potencia eólica a la salida de 1224.21 W. Entonces se puede concluir que 49.7 W son por perdidas de potencias y que existe un 96.1% de potencia de aire de la potencia gastada del extractor disponibles para generar energía eléctrica en lugar de liberarlos a la atmosfera.

La instalación del cono aumenta la potencia eólica de salida de aire el doble comparando con el primer tratamiento, lo que puede permitir recuperar más energía residual del aire.

En la Figura 10 se presentan los resultados de medición de la velocidad de entrada del extractor y la velocidad de salida después del aerogenerador del tratamiento 3.

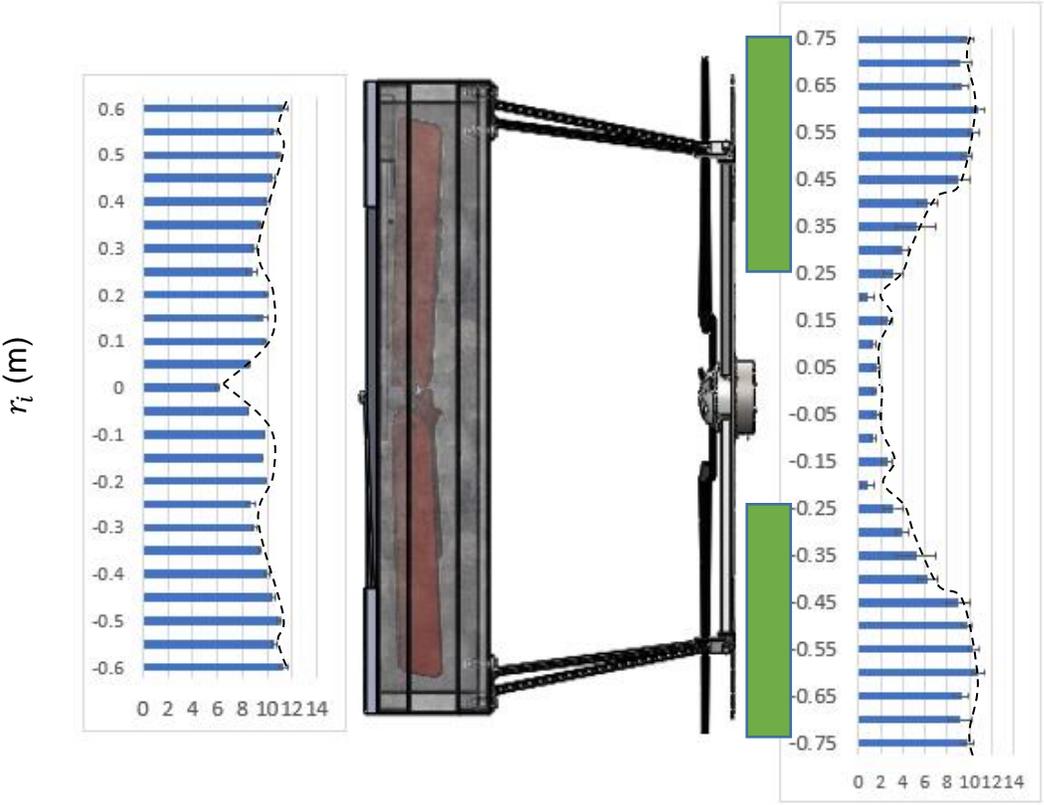


Figura 10. Velocidades de entrada del extractor y salida después de aerogenerador (Tratamiento 3)

El área de mayor velocidad de aire se encuentra entre los radios 0.25 m y 0.75 m (área verde) y alcanza hasta 11 m/s con un 99.93 % de la potencia eólica después de pasar por el aerogenerador, por lo tanto, se podría utilizar otro aerogenerador en esta distancia y esta área será la que transforme mayor potencia eólica en potencia eléctrica.

En la Figura 11 se presentan el resultado de los cálculos de caudal de entrada y salida y caudal después del aerogenerador del tratamiento 3. El caudal calculado de salida después del aerogenerador es mayor en 24.22% al del caudal de la entrada.

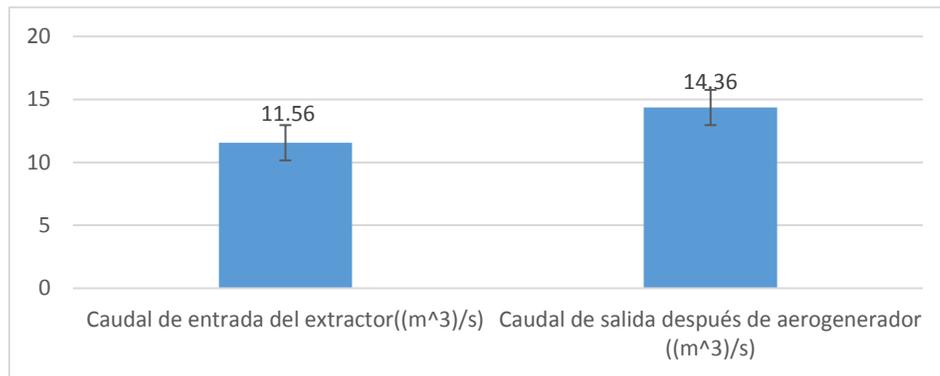


Figura 11. Caudales de entrada y salida después de aerogenerador (Tratamiento 3)

Entrada	Extractor con aerogenerador	Después de aerogenerador
---------	--------------------------------	-----------------------------

En la Figura 12 se presentan los resultados de los cálculos de las potencias de aire de entrada y salida después del aerogenerador, así como la potencia eléctrica consumida por el motor eléctrico del tratamiento 3. La potencia eléctrica consumida por el motor del extractor de 1286.7 W se transforma en potencia mecánica en el movimiento de las aspas del extractor, la cual se transforma primero en potencia de aire de succión de 753.30 W y después en potencia de aire por impulso llegando a una potencia eólica a 0.5 m de la salida del extractor de 925.10 W (tratamiento 1), existen pérdidas de potencia igual a 28.1 % con 361.6 W.

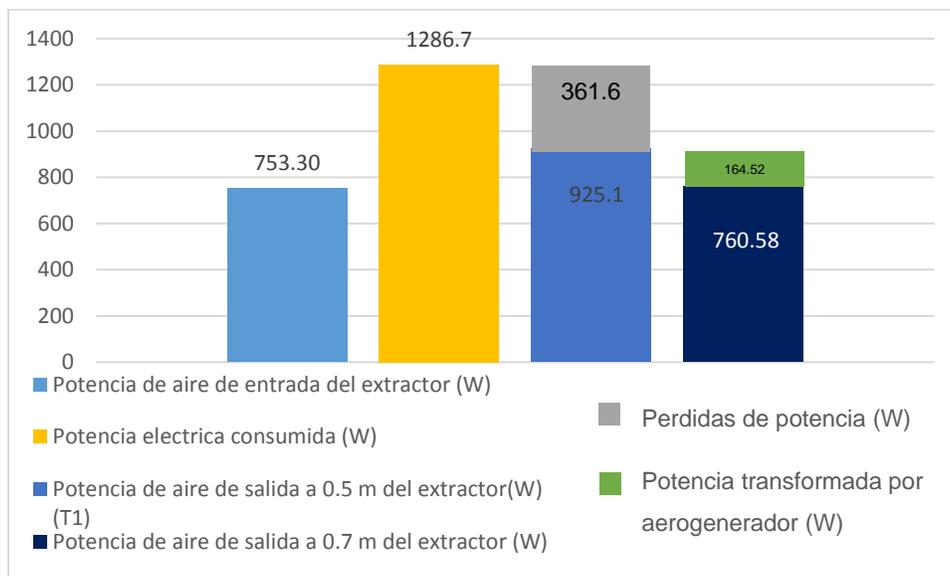
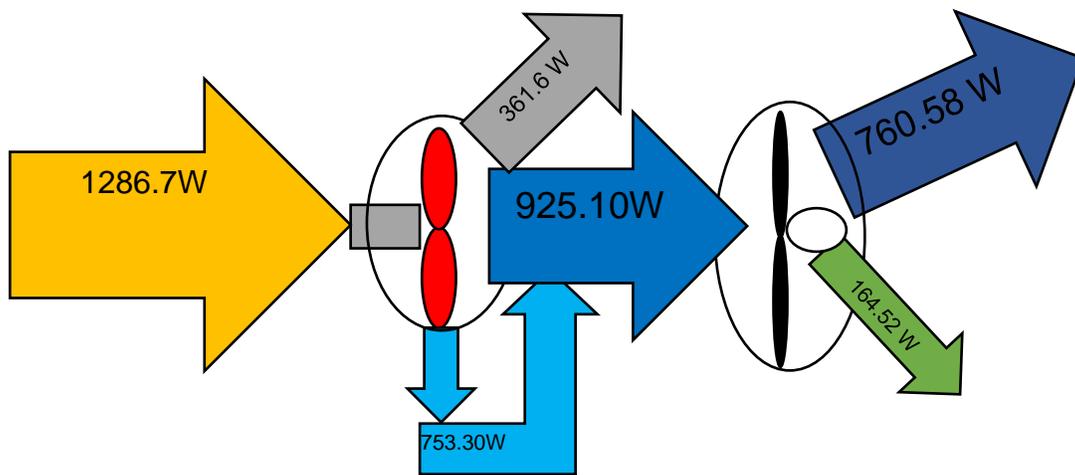


Figura 12. Presentación de las potencias y su distribución en tratamiento 3

De la potencia de salida a 0.5 m de 925.10 W pasan por el aerogenerador y 760.58 W son liberados a la atmósfera y 164.52 W transformada por el aerogenerador.

Se puede decir que los 760.58 W después del aerogenerador no es aprovechable posiblemente por corresponder el diseño de aspas al movimiento de aire.

En la Figura 13 se presentan los resultados de medición de la velocidad de entrada del extractor y la velocidad de salida después del aerogenerador del tratamiento 4.

Las velocidades salida después de aerogenerador que son liberadas a la atmosfera, tienen valor hasta 9 m/s y podrían ser aprovechadas para generar potencia eléctrica.

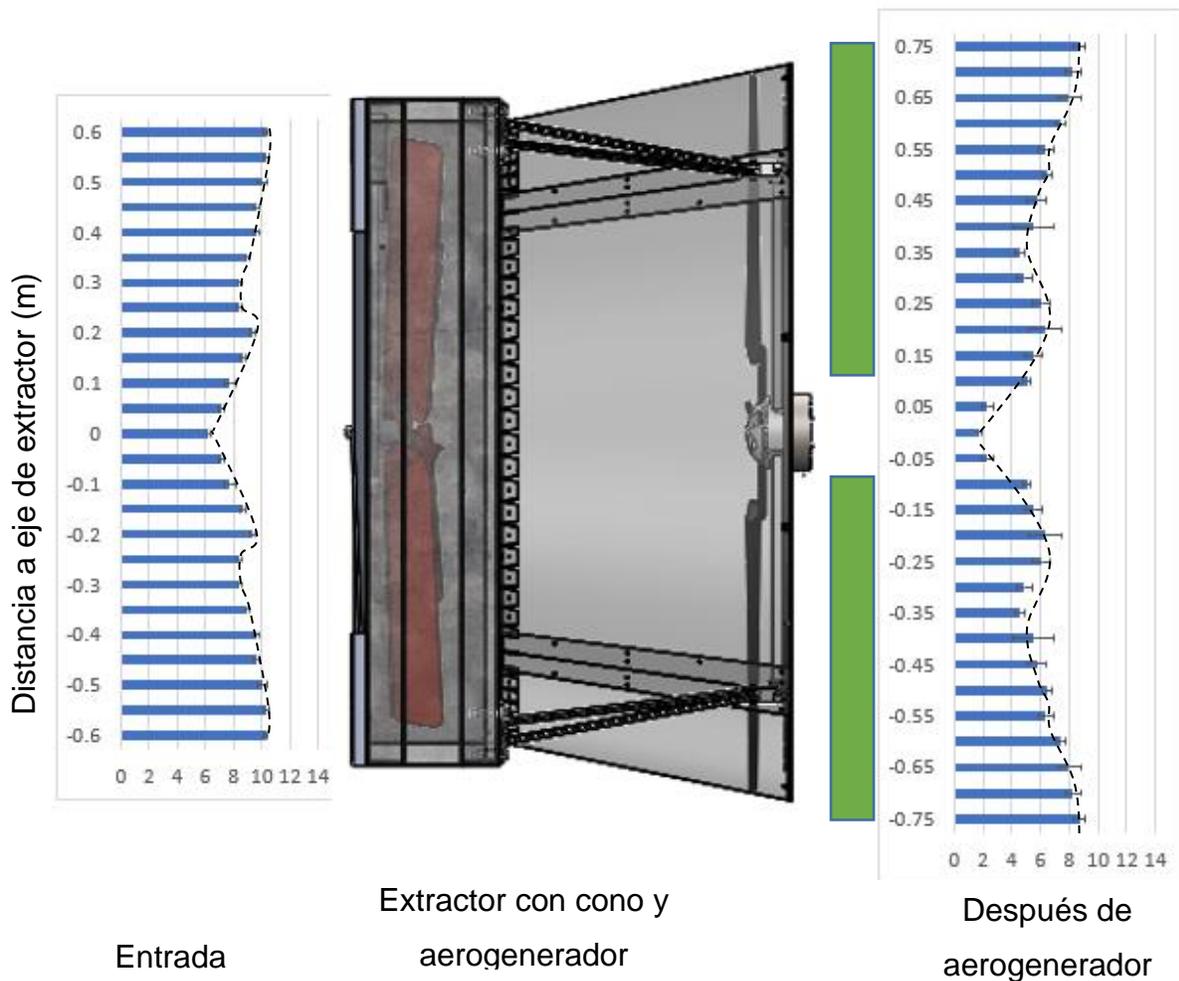


Figura 13. Velocidades de entrada al extractor y salida después de aerogenerador (Tratamiento 4)

El área de mayor aprovechamiento se encuentra entre los radios 0.10 m y 0.75 m (área verde) con un 99.98 % de la potencia eólica después del aerogenerador, por lo tanto, si se coloca un aerogenerador después del primer aerogenerador será la que transforme

Durante las mediciones se pudo observar que la distribución de las velocidades de aire ocurre después de 20 segundos, que es el tiempo aproximado en que finaliza el arranque del aerogenerador y se estabilizan las revoluciones de sus aspas.

Comparando con tratamiento 3 el flujo de aire se concentró más en el centro lo que se puede explicar por la dirección de velocidad angular de las aspas del aerogenerador en sentido contrario de las aspas del extractor.

En la Figura 14 se presentan los resultados de los cálculos de caudal de entrada y caudal de salida después del aerogenerador del tratamiento 4. El caudal de salida después de aerogenerador es mayor en 12.02% al del caudal de la entrada.

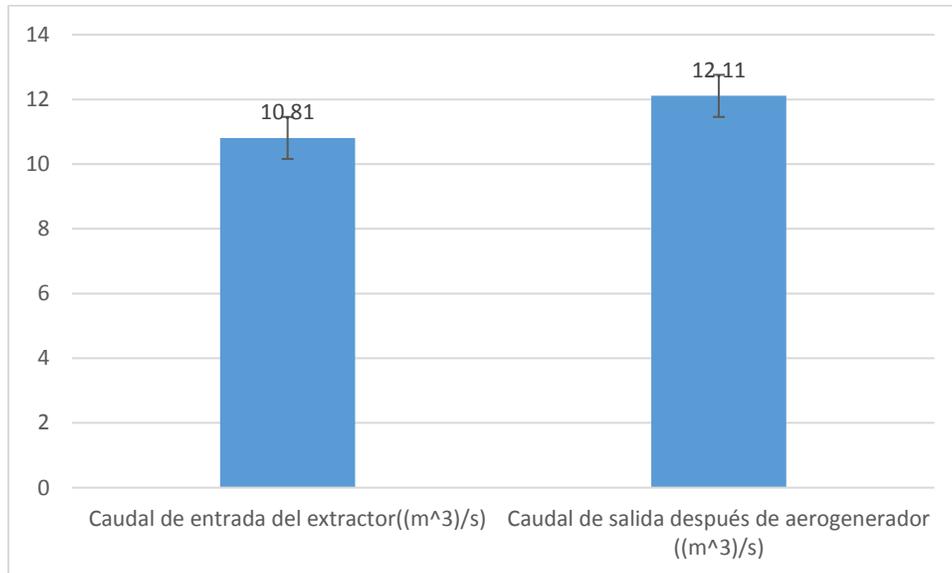


Figura 14. Caudales de entrada y salida después de aerogenerador (Tratamiento 4)

En la Figura 15 se presentan los resultados de los cálculos de las potencias de aire de entrada y salida después del aerogenerador, así como la potencia eléctrica consumida por el motor eléctrico del tratamiento 4. La potencia eléctrica consumida por el motor del extractor de 1299.5 W se transforma en potencia mecánica en el movimiento de las aspas del extractor, la cual se transforma primero en potencia de aire de succión de 614.62 W y después en potencia de aire por impulso llegando a una potencia eólica a 0.5 m de la salida del extractor de 1224.32 W (tratamiento 2) y existen pérdidas de potencia igual a 5.78 % con 75.18 W.

De la potencia de salida a 0.5 m de 1224.32 W pasan por el aerogenerador y 387.56 W son liberados a la atmosfera y 836.76 W son transformadas por el aerogenerador

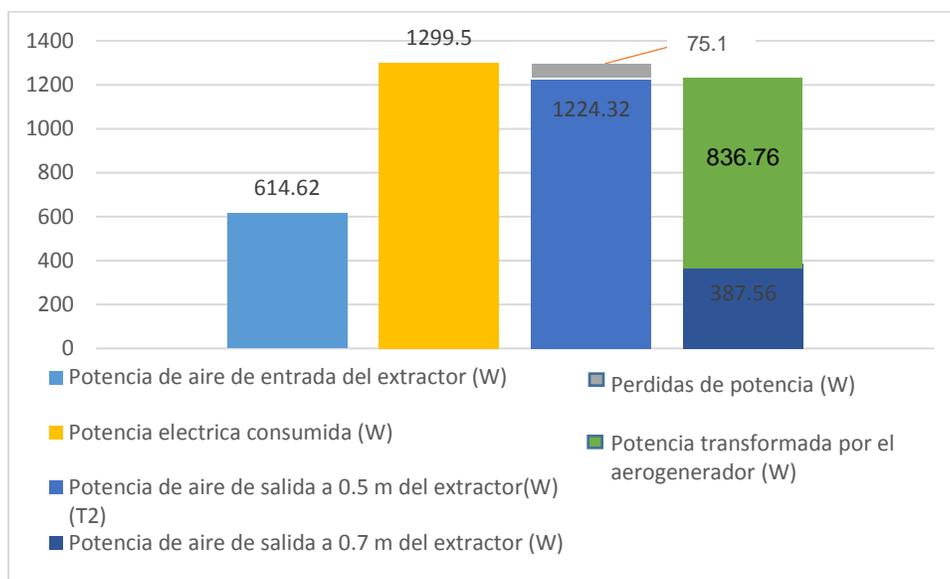
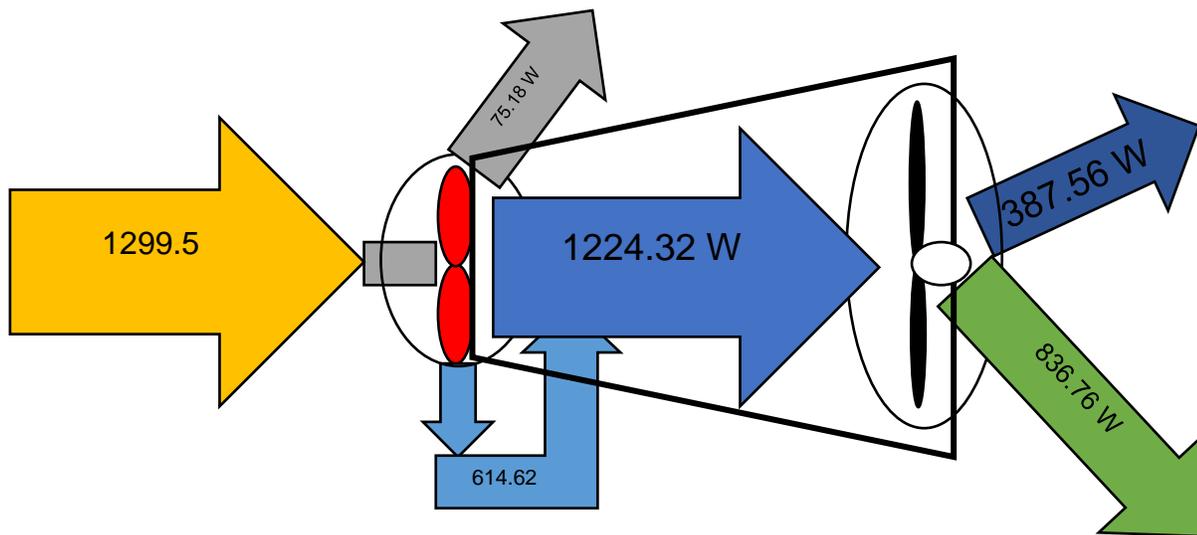


Figura 15. Presentación de las potencias y su distribución en tratamiento 4

En la Figura 16 se presenta el resultado de las mediciones de la velocidad angular para 4 tratamientos. La velocidad angular del eje del extractor entre tratamientos no cambia significativamente (1.02%), lo que indica que el uso del cono y el extractor no afecta en la velocidad angular del eje del extractor.

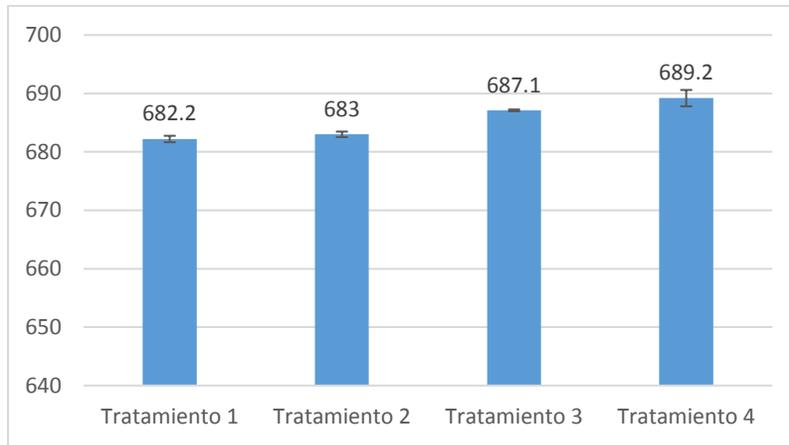


Figura 16. Velocidad angular en Extractor (Revoluciones por minuto)

En la Figura 17 se presentan los caudales de entrada de los 4 tratamientos. El caudal de entrada del extractor (columna 1) se ve disminuido un 4.6 % al usar un cono (columna 2). En cuanto a la comparación de caudal de entrada del extractor (columna 1) mantiene una diferencia muy pequeña de un 0.2 % al usar un aerogenerador a 0.5 m sin cono (columna 3). Para la comparación de caudal de entrada del extractor con un aerogenerador a 0.5 m de la salida (columna 3) se ve disminuido un 6.2 % al usar un cono (columna 4).

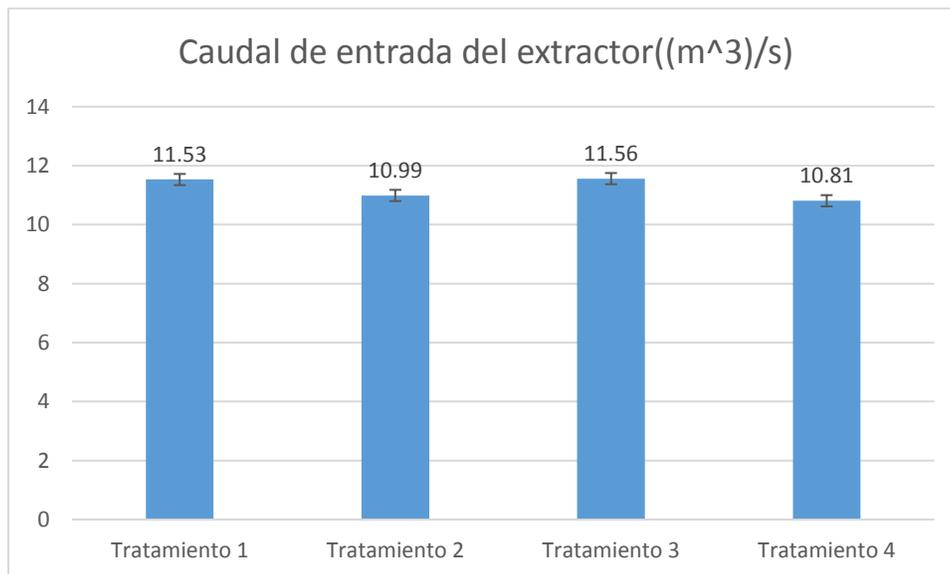


Figura 17. Caudales de entrada al extractor para los 4 tratamientos

Por lo tanto, se puede concluir que existe una obstrucción aproximada del 6.2 % por utilizar un cono y un aerogenerador, y que esta obstrucción principalmente es causada por la dirección contraria de las aspas del aerogenerador a las del extractor

En la Figura 18 se presenta el resultado de las mediciones de la velocidad angular del eje del aerogenerador que se encuentra en los tratamientos 3 y 4. La velocidad angular del eje del aerogenerador del tratamiento 4 es 54.1 % más grande que la velocidad angular del eje del aerogenerador del tratamiento 3. por lo tanto se puede concluir que es recomendable utilizar un cono para la recuperación de energía eólica residual de un extractor, ya que a mayor velocidad gire el rotor del aerogenerador habrá mayor energía eléctrica generada

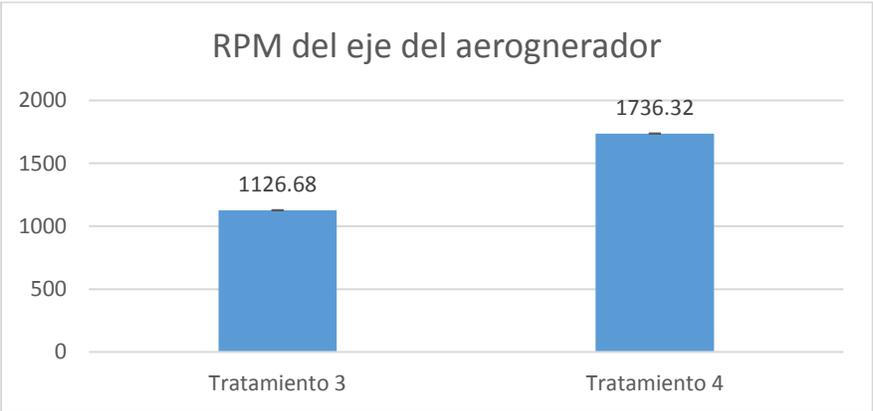


Figura 18. Velocidad angular en aerogenerador (Revoluciones por minuto)

En la Figura 19 se presenta el resultado del análisis y cálculo de potencia de salida del aerogenerador que paso a través de un controlador de voltaje para carga de baterías de 12 Volts del tratamiento 3 y 4.

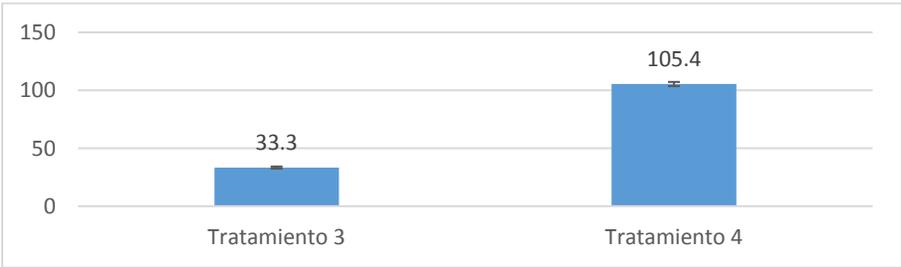


Figura 19. Potencia de salida de controlador para carga de baterías (W)

La potencia de salida cuando se ocupó un cono fue 3 veces mayor que cuando no se utilizó el cono, Por lo tanto, se puede concluir que la utilización del cono implica una carga de baterías 3 veces más rápido.

3.6 Conclusiones

Se diseñó y construyó un dispositivo extractor-aerogenerador el cual ensambla mediante una estructura a un aerogenerador y un cono a un extractor axial en una posición fija.

La evaluación del extractor- aerogenerador demostró su posibilidad de usar efectivamente para recuperación de energía de aire residual en las construcciones agrícolas e industriales.

Agradecimientos

Se hace el agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - CONACyT, por el apoyo económico, a la Universidad Autónoma Chapingo y al posgrado en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua por el apoyo brindado durante la investigación, así mismo al Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola por la prestación de sus instalaciones y equipos para la realización de este estudio de investigación.

3.7 Literatura citada

Czamara, M., Brock, R., & Morales, O. (2016). *ENERGY RECLAMATION FROM AIR-MOVING SYSTEMS* (Vol. 2). United States Patent. <https://patents.google.com/patent/US8941256B1/en>

Degefa, M. W., & Teferi, S. T. (2014). Energy recovery from exhaust air of textile industry. *International Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 3(4), 82–86. <https://doi.org/10.11648/j.ijrse.20140304.12>

Díaz, L. L., Rodríguez, Y., Méndez, R. F., & Hernández, L. (2019). Uso de programas de diseño asistido por computadoras en el diseño de troquel para obtener la pieza enganche del sistema andamios. *Avances CIGET*, 21(2), 238–247. <http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/439/1425>

- Etchamendi, A. C. S., Frigo, J. P., & Ando Junior, O. H. (2021). Propuesta de un Sistema Eólico con Ducto Direccional para el Aprovechamiento de la Energía Residual de una Avícola. *Acta Iguazu*, 10(1), 1–21. <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v10i1.24035>
- Farrell, T. (2015). *TURBINE APPARATUS AND METHOD FOR ENERGY RECLAMATION AND GENERATION OF ELECTRICAL POWER FROM FORCED-AIR SYSTEMS*. <https://patents.google.com/patent/US8952557/en>
- Guerrero, M., Hernandis, B., & Agudo, B. (2014). Estudio comparativo de las acciones a considerar en el proceso de diseño conceptual desde la ingeniería y el diseño de productos. *Ingeniare*, 22(3), 398–411. <https://doi.org/10.4067/S0718-330520140003000010>
- Gutiérrez, J. A., Hernández, I., & Cabrera, Jose G. O. (2019). Diseño Mecánico Ágil: Nueva propuesta metodológica enfocada a proyectos de desarrollo tecnológico. *Ingeniería Mecánica Tecnología y Desarrollo*, 6(4), 157–167.
- Koya, H., William, D., & Emlyn, R. (2015). *SYSTEM AND METHODS FOR WIND ENERGY RECAPTURE FROM A NON NATURAL WIND SOURCE* (Vol. 2, p. 31). United States Patent. <https://patents.google.com/patent/US8939724B2/en>
- Romantchik, E., & Coronado, D. (2020). *BANCO DE PRUEBAS PARA EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL FLUJO DE AIRE EXPULSADO POR EXTRACTORES PARA SU APROVECHAMIENTO EN AEROGENERADORES*. <https://doi.org/MXE2020011891>
- Romantchik, E., & Rios, E. (2016). *Invernadero con sistema de enfriamiento de pared húmeda que integra un equipo de aprovechamiento de energía residual*.
- Romantchik, K. E., Santos, H. A. M., Terrazas, A. D., & Martínez, J. I. (2020). RECUPERACIÓN DE ENERGÍA DEL AIRE DE SALIDA DE LOS EXTRACTORES EN INVERNADEROS. *CIES 2020*, 1–8.

4 ANEXOS

4.1 DIFICULTADES Y RECOMENDACIONES

4.1.1 Diseño de aspas de aerogenerador

Una de las observaciones más importantes a considerar en el mejoramiento del diseño es el ángulo invertido de las aspas de las aspas del aerogenerador al ángulo de las aspas de extractor, ya que esto provoca que giren en sentidos contrarios y se distribuya el flujo de aire aprovechando con menor eficiencia la potencia eólica residual.

4.1.2 Vibraciones mecánicas

Se presentan vibraciones mecánicas por parte del extractor y el aerogenerador debido a desbalances en sus ejes de giro, las cuales pueden afectar directamente con la funcionalidad de la estructura.

4.2 Patente: Ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generación de energía eléctrica

4.2.1 Campo de la invención

La presente invención cae en el campo de los generadores de energía eléctrica, en lo general; en lo particular está relacionada con generadores eléctricos a partir de energía eólica. Más específicamente la invención se refiere a un ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generación de energía eléctrica.

4.2.2 Antecedentes de la invención

El uso de ventiladores es muy versátil actualmente, estos pueden utilizarse para regular factores ambientales como temperatura y humedad dentro de instalaciones como invernaderos, naves industriales o instalaciones para explotación animal, entre otros. Los ventiladores pueden ser usados para introducir aire del exterior de una instalación, o bien para extraer el aire del interior de dicha instalación, siendo más común, la segunda.

Existen diversas problemáticas que se desarrollan dentro de un espacio cerrado cuando esté no está correctamente ventilado, estas son la falta de circulación de aire, la generación de gases no deseados, la acumulación de polvo, entre otras. Dichas problemáticas pueden provocar daños en maquinaria o mercancía que se encuentre dentro de una nave industrial. En el caso de los invernaderos, crean un ambiente no favorable que impide el desarrollo óptimo de las plantas. Así mismo, al no haber una ventilación adecuada, aumentará la humedad en el interior lo cual puede originar moho.

Para evitar todas estas problemáticas es necesario que exista una correcta circulación de aire, para ello se hace el uso de extractores de aire. Existen diversos tipos de extractores, entre los cuales se encuentran los extractores de eje axial, estos serán más eficaces al ensamblarse con un aerogenerador ya que el aire expulsado por el extractor sale con la misma dirección, lo que permite que el flujo de aire se dirija directamente al aerogenerador. Los extractores de eje axial se conforman por una hélice contenida dentro de una estructura de soporte y un motor

eléctrico que dará movimiento a la hélice para generar un movimiento rotatorio y de esta manera extraer el aire del interior de una nave industrial, invernadero o similar.

Los ventiladores y/o extractores tienen la única función de introducir o extraer aire, sin embargo, no existen dispositivos para aprovechar las corrientes de aire extraídas para producir energía eléctrica a través de un aerogenerador.

Por otro lado, actualmente es muy común el uso de aerogeneradores para aprovechar grandes corrientes de aire para la generación de energía eléctrica. Dichos aerogeneradores tienen el objetivo de convertir la energía cinética producida por el viento a un conjunto de aspas, en energía eléctrica.

Generalmente los aerogeneradores son estructuras de gran altura compuestas por tres hélices que, al pasar el viento entre ellas, giran, generando un movimiento rotatorio que se transmite a un eje principal el cual está conectado a un multiplicador el cual se compone de una serie de engranajes que multiplican la velocidad del giro del eje y transmiten el movimiento a un eje de alta velocidad el cual está unido al rotor de un generador el cual transforma la energía mecánica en energía eléctrica.

Dichos aerogeneradores son normalmente utilizados en grandes plantas industriales o parques eólicos, y debido a su gran altura y tamaño, requieren de un espacio amplio para ser instalados. De igual manera, están configurados para colocarse en exteriores en donde existan grandes corrientes de aire, y su única función es transformar la energía mecánica en energía eléctrica, donde dicha energía eléctrica pasa por un transformador para conectarse a la red eléctrica estatal o nacional.

Los extractores de aire son de gran utilidad para extraer el aire caliente del interior de naves industriales o invernaderos, ayudando a regular la temperatura del interior, así como para extraer gases no deseados, etc., como se mencionó anteriormente. Sin embargo, requieren de un gran consumo de energía eléctrica y por lo tanto implican gastos excesivos, de manera que su utilización implica gastos fijos considerables.

Dado que los extractores expulsan grandes volúmenes de aire a altas velocidades,

se pensó en aprovechar dicho aire expulsado para generar energía eléctrica a través de un aerogenerador. De esta manera, el consumo de energía eléctrica del extractor no implicará grandes costos debido a que, al usarlo, también se estará generando energía eléctrica.

La presente invención está dirigida a un ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire y generación de energía eléctrica, en el que al mismo tiempo que se extrae el aire dentro de un invernadero, planta, nave industrial o similar, en donde el movimiento en las aspas de un extractor expulsa un flujo de aire a altas velocidades, produce un movimiento en otro conjunto de aspas de un aerogenerador montado en una estructura sobre la misma estructura del extractor y dispuesto colinealmente para transforman dicho movimiento giratorio de las aspas montadas sobre un eje, en energía eléctrica que puede tener múltiples usos y aplicaciones.

Se realizó una búsqueda para determinar el estado de la técnica más cercano, encontrándose la siguiente información:

Se encontró el documento de Registro de Modelo de utilidad MX 4384 B del inventor José de Jesús Rubio Ávila el cual fue presentado el 20 de diciembre de 2016 y otorgado el 7 de octubre de 2020, y el cual divulga un aerogenerador portátil de eje horizontal con tres palas y torre giratoria. En esta invención se proponen dos aspectos, por un lado, se propone un motorreductor acoplado a la torre y a la base, el cual en conjunto con una tarjeta de adquisición de datos y del generador, permiten el giro de la base con respecto a la torre, para que el aerogenerador se oriente en la dirección del aire, por otro lado, se propone que el aerogenerador sea portátil, es decir que sea pequeño para que se pueda trasladar.

Esta invención se refiere solamente a un aerogenerador del tipo que comprenden una torre y en la parte superior de esta, un conjunto de aspas o palas las cuales giran gracias al viento existente para que, de esta manera se pueda producir energía eléctrica. Sin embargo, debido a dicha configuración, este aerogenerador no está adaptado para colocarse en interiores, ni cumple con la función de extraer aire del interior de alguna construcción o instalación tal como un invernadero. De igual

manera, no sugiere un soporte estructural compuesto de tres soportes, como está configurado el ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generación de energía eléctrica de la presente invención.

También se localizó la patente US10563635 de Kenneth D. Visser otorgada el 18 de febrero de 2020, que divulga un aparato de extracción de energía eólica que utiliza una superficie separada que encierra el rotor de la turbina. Una modalidad de dicho aparato incluye un conducto ranurado y no ranurado de geometría especificada que encierra un rotor de turbina eólica de tal manera que proporcione aceleración del aire ambiental a través del rotor a una velocidad superior a la que un rotor abierto expuso a la corriente libre. experimentarían, lo que da como resultado una mayor cantidad de extracción de energía en relación con un rotor abierto comparable. En un aspecto, el rotor de la turbina eólica se coloca en el conducto en una ubicación aguas abajo del área de sección transversal más pequeña del conducto, ya que esto proporcionará la máxima potencia de salida. Según otro aspecto, la geometría del rotor es tal que incorpora el efecto del conducto sobre el perfil de velocidad del viento entrante.

Sin embargo, este aparato tampoco incluye elementos o componentes configurados y adaptados para extraer el aire del interior de alguna nave industrial, invernadero o de otros reservorios cerrados.

De igual manera se encontró el documento de patente US6365985 de Cohen Lawrence J., otorgada el 2 de abril de 2002 el cual describe un generador de electricidad alimentado por un escape de aire acondicionado que tiene una turbina eólica y un soporte para sostener la turbina eólica en una posición relativamente fija, a un escape de aire acondicionado. La turbina eólica tiene una hélice con dos o más palas, un eje y un generador. El soporte sostiene la turbina eólica para que las palas giren con el aire de escape del aire acondicionado. El soporte puede ser una mortaja. La invención incluye el método de generar electricidad a partir del escape del aire acondicionado manteniendo una turbina eólica en una proximidad relativamente fija a un puerto de escape del aire acondicionado.

Sin embargo, este generador de electricidad es alimentado por un escape de aire

acondicionado, por lo cual, no lleva a cabo la función de extraer aire del interior de un invernadero, nave industrial o similar, y aunado a esto, no permite regular la temperatura del interior del mismo. Además, al igual que los documentos anteriormente citados, no comprende una estructura de soporte como la que se incluye en la presente invención. Se destaca que en este generador no se comprende un difusor cónico que ayude a la conducción del flujo de aire hacia las aspas del generador y que concentre la corriente para favorecer el máximo aprovechamiento.

Además, se encontró el documento ES2341639A1 del inventor España Moscoso Francisco Javier solicitado el 30 de diciembre de 2009, el cual divulga generador eléctrico diseñado para aprovechar las corrientes de convección que se originan a través de los tubos de evacuación que comunican un ambiente interior con un ambiente exterior, entre los cuales existe una cierta diferencia de temperatura. El generador incluye un molino-extractor compuesto por paletas y capaz de girar apoyado en un eje vertical concéntrico con el tubo, e incorpora un dispositivo tipo alternador con el rotor unido a un faldón proyectado desde el molino-extractor y concéntrico con la porción de evacuación. Tubo en el que está acoplado, y un estator integral con dicho tubo de evacuación. La modalidad preferida proporciona imanes de neodimio dispuestos en una corona para la formación del rotor, y bobinados en "U" para la realización del estator. En una versión alternativa, el generador puede incluir un sistema de carenado ajustable, para dirigir el aire incidente a favor del giro del molino-extractor.

Sin embargo, esta invención no comprende un extractor o un ventilador que permita regular la temperatura y/o humedad del interior de una instalación. De igual manera, comprende un número mayor de elementos, lo cual complica su manufactura y mantenimiento al mismo tiempo que eleva su costo.

Como se puede observar, no existe un ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generador de energía eléctrica, que permita extraer el aire del interior de un invernadero, nave industrial, instalaciones para la explotación animal o cualquier construcción similar, que además aproveche el

movimiento producido por el aire expulsado para transmitirse a un conjunto de elementos que permitan transformar dicha energía cinética en energía eléctrica y que a su vez, al ser capaz de extraer el aire, permita la regulación de factores ambientales como la temperatura y humedad dentro de un reservorio cerrado, sea una nave industrial, un invernadero u otros similares.

4.2.3 Objetivos de la invención

El objetivo principal de la presente invención es hacer disponible ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generador de energía eléctrica que permita aprovechar el aire expulsado por un extractor para la generación de energía eléctrica mediante un generador montado en una estructura de soporte en el chasis o estructura del extractor.

Otro de los objetivos de la presente invención es proveer dicho ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generador de energía eléctrica que permita la regulación de factores ambientales como la temperatura, humedad, y gases no deseados en el interior de instalaciones para la explotación animal, invernaderos, naves industriales o similar.

Otro de los objetivos de la presente invención es hacer disponible dicho ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generador de energía eléctrica que sea eficiente y funcional.

Otro de los objetivos de la presente invención es proveer dicho ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generador de energía eléctrica que permita generar al menos la cantidad de energía necesaria para activar el propio extractor.

Otro de los objetivos de la presente invención es hacer disponible dicho ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generador de energía eléctrica que permita reducir costos de energía eléctrica al generar cierta cantidad de energía.

Y todas aquellas cualidades y objetivos que se harán aparentes al realizar una descripción general y detallada de la presente invención apoyados en las

modalidades ilustradas.

4.2.4 Breve descripción del invento

De manera general, el ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generador de energía eléctrica consiste en una estructura de un extractor axial con motor excéntrico y transmisión de poleas y banda, definida por una carcasa exterior con un orificio excéntrico donde se dispone un motor con una polea y un orificio central donde se disponen elementos de soporte radiales donde se fija centralmente otra polea con un eje axial giratorio de salida en el que se fijan las aspas giratorias de extracción de aire; en la cara externa de dicha carcasa exterior del extractor de eje axial se fija con medios de fijación el borde del extremo proximal de un difusor cónico que define un conducto cónico de concentración y conducción del flujo de aire expulsado por dicho extractor de eje axial; externamente a dicho difusor cónico en la misma tapa externa de dicha carcasa exterior, se ancla un marco base de soporte con medios de fijación, configurado para recibir y fijar una primera estructura de soporte exterior que se proyecta externamente al difusor cónico hasta la zona limítrofe del borde del extremo distal de dicho difusor cónico para fijar y soportar una segunda estructura de soporte transversal donde se soporta concéntricamente los medios de generación de energía eléctrica y donde se monta el rotor con las aspas propulsoras de un aerogenerador, que aprovechará el flujo de aire expulsado por el extractor de eje axial concentrado y canalizado por dicho difusor cónico para producir energía eléctrica.

En una de sus modalidades preferidas de la invención dicha carcasa exterior con un orificio central del extractor de eje axial es de forma cuadrangular y comprende una tapa externa cuadrangular con un orificio central coincidente con el orificio central de la carcasa exterior; es en dicha tapa donde se fijan los componentes de soporte del aerogenerador.

En otra de las modalidades de la invención, el extremo proximal de dicho difusor cónico comprende una ceja perimetral con orificios para recibir los medios de fijación para fijarse en la cara externa de la carcasa exterior del extractor de eje axial.

En otra de las modalidades de la invención dicha primera estructura de soporte exterior al difusor cónico está definida por cuatro brazos extendidos que se proyectan angularmente desde dicho marco base de soporte y cuyo extremo opuesto se fijan en dicha segunda estructura de soporte transversal que sostiene al aerogenerador.

En la modalidad preferida de la invención dicha segunda estructura de soporte transversal que sostiene al aerogenerador consiste en cuatro brazos radiales en forma de cruz que al centro se fijan a los medios de generación de energía eléctrica y donde se monta el rotor con las aspas propulsoras de dicho aerogenerador y una pluralidad de anillos concéntricos fijos a dichos cuatro brazos radiales definiendo una rejilla de soporte, en donde en los extremos de dichos cuatro brazos radiales se fijan los extremos de los cuatro brazos de dicha primera estructura de soporte exterior al difusor cónico.

En otra de las modalidades de la invención en la cara interna de la carcasa exterior de dicho extractor de eje axial se comprende fijamente una rejilla protectora que impide el paso de objetos extraños, que pueden dañar las aspas tanto del extractor como del aerogenerador.

En la modalidad preferida de la invención, dicho difusor cónico permite expandir la zona de flujo de aire extraído por el extractor para aprovecharse mediante el aerogenerador.

En la modalidad preferida de la invención, el diámetro del orificio central de la carcasa del extractor de eje axial es igual al diámetro del extremo proximal de dicho difusor cónico.

Para comprender mejor las características de la invención se acompaña a la presente descripción, como parte integrante de la misma, los dibujos con carácter ilustrativo más no limitativo, que se describen a continuación.

4.2.5 Breve descripción de las figuras

La figura 1 muestra un explosionado del ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generador de energía eléctrica, de conformidad

con la modalidad preferida de la presente invención.

La figura 2 muestra el arreglo de las diferentes estructuras de soporte del aerogenerador del ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generador de energía eléctrica, de conformidad con la presente invención.

La figura 3 muestra una vista en perspectiva convencional del ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generador de energía eléctrica, de conformidad con la modalidad preferida de la presente invención.

La figura 4 muestra una vista frontal del ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generador de energía eléctrica, de conformidad con la modalidad preferida de la presente invención.

La figura 5 muestra una vista lateral del ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generador de energía eléctrica, de conformidad con la modalidad preferida de la presente invención.

Para una mejor comprensión del invento, se pasará a hacer la descripción detallada de alguna de las modalidades del mismo, mostrada en los dibujos que con fines ilustrativos mas no limitativos se anexan a la presente descripción.

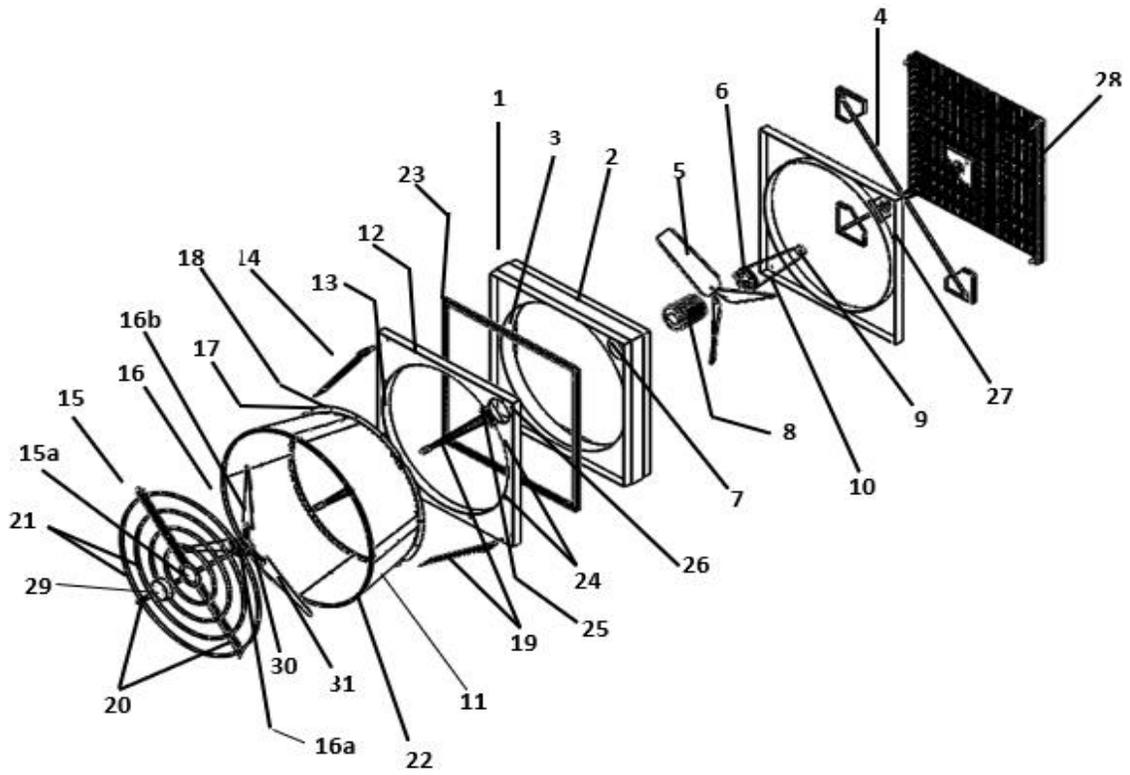


Figura1. PATENTE MX/E/2021/079191 FIG. 1

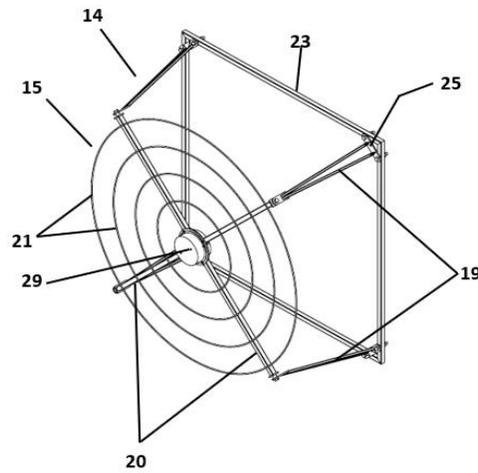


Figura 2. PATENTE MX/E/2021/079191 FIG. 1

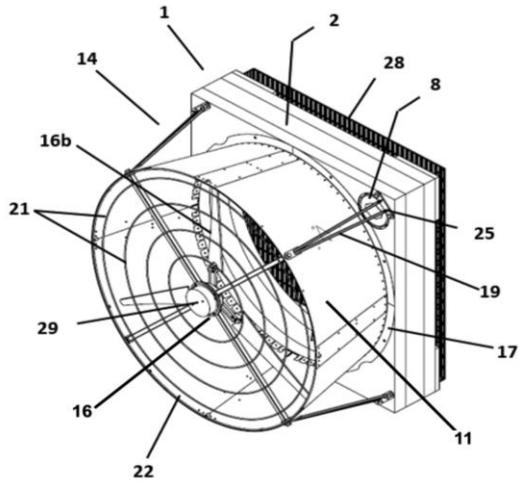


Figura 3. PATENTE MX/E/2021/079191 FIG. 2

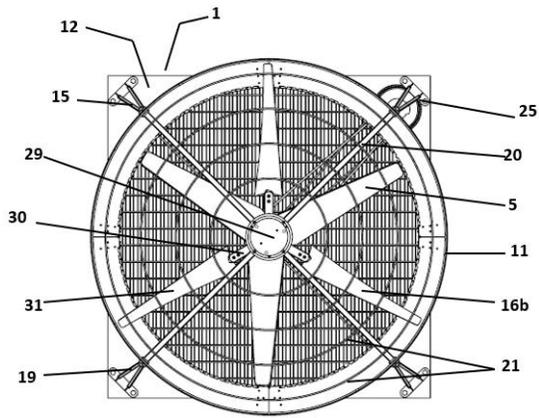


Figura 4 PATENTE MX/E/2021/079191 FIG. 4

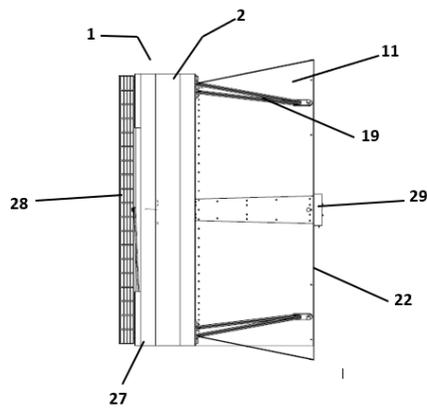


Figura 5. PATENTE MX/E/2021/079191 FIG. 3

4.2.6 Descripción detallada del invento

Los detalles característicos ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generador de energía eléctrica, se muestran claramente en la siguiente descripción y en los dibujos ilustrativos que se anexan, sirviendo los mismos signos de referencia para señalar las mismas partes.

Haciendo referencia a las figuras 1 y 3, el ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generador de energía eléctrica consiste en una estructura de un extractor de eje axial (1) definida por una carcasa exterior (2) con un orificio central (3) donde se disponen elementos de soporte radiales (4) donde se fija centralmente una polea impulsada (6) con un eje axial giratorio de salida en el que se fijan las aspas giratorias de extracción de aire (5) y un orificio excéntrico (7) donde se fija un motor (8) con una polea impulsora (9) que proporciona el giro a la polea impulsada (6) mediante una banda (10); en la cara externa de dicha carcasa exterior (2) del extractor de eje axial (1) se fija con medios de fijación el borde del extremo proximal de un difusor cónico (11) que define un conducto cónico de concentración y conducción del flujo de aire expulsado por dicho extractor de eje axial (1); externamente a dicho difusor cónico (11) en dicha carcasa exterior (2), con un orificio central (3) del extractor de eje axial (1) que es de forma cuadrangular comprende una tapa externa cuadrangular (12) con un orificio central (13) coincidente con el orificio central de la carcasa exterior; dicha tapa externa (13) está configurada para recibir y fijar una primera estructura de soporte exterior (14) que se proyecta externamente al difusor cónico (11) hasta la zona limítrofe del borde del extremo distal de dicho difusor cónico (11) para fijar y soportar una segunda estructura de soporte transversal (15) donde se dispone un disco (15a) que soporta concéntricamente los medios de generación de energía eléctrica y donde se monta el rotor (16a) con las aspas propulsoras (16b) y una tapa de protección (29) de un aerogenerador (16), que aprovechará el flujo de aire expulsado por el extractor de eje axial (1) concentrado y canalizado por dicho difusor cónico (11) para producir energía eléctrica.

El extremo proximal de dicho difusor cónico (11) comprende una ceja perimetral (17) con orificios (18) para recibir los medios de fijación para fijarse en la tapa externa (12) de la carcasa exterior (2) del extractor de eje axial (1).

Dicha primera estructura de soporte exterior (14) al difusor cónico (11) está definida por cuatro brazos extendidos (19) que se proyectan angularmente desde dicha tapa externa (12) y cuyos extremos opuestos se fijan en dicha segunda estructura de soporte transversal (15) que sostiene al aerogenerador (16).

Dicha segunda estructura de soporte transversal (15) que sostiene al aerogenerador (16) consiste en cuatro brazos radiales (20) en forma de cruz que al centro del disco (15a) se fijan a los medios de generación de energía eléctrica y donde se monta el rotor (16a) con las aspas propulsoras (16b) de dicho aerogenerador (16) y una pluralidad de anillos concéntricos (21) fijos a dichos cuatro brazos radiales (20) definiendo una rejilla de soporte, en donde en los extremos de dichos cuatro brazos radiales (20) se fijan los extremos de los cuatro brazos (19) de dicha primera estructura de soporte exterior (14) al difusor cónico (11).

Dicho difusor cónico (11) permite expandir la zona de flujo de aire extraído por el extractor (1) para aprovecharse mediante el aerogenerador (16).

El diámetro del orificio central (3) de la carcasa (2) del extractor de eje axial (1) es igual al diámetro del extremo proximal de dicho difusor cónico (11).

Dicho difusor cónico (11) comprende un anillo transversal en su diámetro del extremo distal (22) para dar una estructura más fija a dicho difusor cónico (11).

Dicha carcasa exterior (2) del extractor de eje axial (1) comprende las mismas dimensiones que el marco base de soporte (23) y la tapa externa (12) del extractor (1) los cuales se fijan a en dicha carcasa (2) del extractor de eje axial (1); dicha

tapa del extractor (12) comprende orificios pasantes (24) coincidentes con los orificios pasantes (18) del borde perimetral (17) del difusor cónico (11) para introducir medios de fijación (no mostrados) y fijar dicho difusor cónico (11) en dicha tapa externa (12) del extractor (1).

El diámetro del extremo distal de dicho difusor cónico (11) es igual al diámetro de la segunda estructura de soporte transversal (15) del aerogenerador (16).

Haciendo referencia a las figuras 1 y 2, el extremo proximal de los cuatro brazos extendidos (19) de dicha estructura de soporte externo (14) se fija a través de medios de fijación (25) en dicho marco base de soporte (23) del extractor (1), dicha tapa externa (12) del extractor (1) comprende orificios pasantes (26) en sus esquinas por las cuales se introducen las extremidades de cada uno de los brazos extendidos (19) para fijarse en dicho marco base de soporte (23) del extractor (1).

El extremo distal de cada uno de dichos cuatro brazos extendidos (19) de dicha estructura de soporte externo (14) se fija a través de medios de fijación en los extremos de dichos cuatro brazos radiales (20) de la segunda estructura de soporte transversal (15).

Haciendo referencia a las figuras 3 a 5, dicha carcasa exterior (2) del extractor de eje axial (1) comprende las mismas dimensiones que el marco base de soporte y la tapa externa del extractor (1) los cuales se fijan a en dicha carcasa (2) del extractor de eje axial (1) por lo que al unirse embonan adecuadamente. En la cara interna de la carcasa exterior (2) de dicho extractor de eje axial (1) se comprende fijamente una tapa interna (27, ver figura 1) en la cual se fija una rejilla protectora (28) que impide el paso de objetos extraños, que pueden dañar las aspas (5, 16b, ver figura 1) tanto del extractor (1) como del aerogenerador (16).

Dicho rotor (16a, ver figura 1) donde están montadas las aspas propulsoras (16b) del aerogenerador (16) se ubica concéntrico en el extremo distal del difusor cónico

(11) y a su vez, colineal mente con el centro del extractor (1). Dicho difusor cónico (11) concentra el flujo de salida de aire del extractor (1) y favorece la fuerza de salida, incrementando las revoluciones de giros de las aspas propulsoras (16b) del aerogenerador (16) permitiendo una mayor generación de energía eléctrica.

De acuerdo con las figuras 3 y 4, dichas aspas giratorias de extracción de aire (5) del extractor (1) se conforman por 3 palas rectangulares que se colocan sobre un eje rotatorio con cierto ángulo de inclinación para aumentar el flujo de aire producido. Dichas aspas propulsoras (16b) del aerogenerador (16) consisten en 3 palas las cuales son más delgadas que dichas aspas giratorias de extracción de aire (5) del extractor (1) y se conforman de una zona rectangular plana (30) y una zona curva (31) las cuales están configuradas para dar un mayor número de revoluciones producidas por el aire expulsado por el extractor (1) y de esta manera generar una mayor cantidad de energía eléctrica.

El invento ha sido descrito suficientemente como para que una persona con conocimientos medios en la materia pueda reproducir y obtener los resultados que mencionamos en la presente invención. Sin embargo, cualquier persona hábil en el campo de la técnica que compete el presente invento puede ser capaz de hacer modificaciones no descritas en la presente solicitud, sin embargo, si para la aplicación de estas modificaciones en una estructura determinada o en el proceso de manufactura del mismo, se requiere de la materia reclamada en las siguientes reivindicaciones, dichas estructuras deberán ser comprendidas dentro del alcance de la invención.

4.2.7 Reivindicaciones

Habiendo descrito suficientemente la invención, se reclama como propiedad lo contenido en las siguientes cláusulas reivindicatorias.

1.- Un ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generador de energía eléctrica del tipo de extractor de eje axial que comprende una estructura definida por una carcasa exterior con un orificio central donde se disponen elementos de soporte radiales donde se fija centralmente un polea

impulsada con un eje axial giratorio de salida en el que se fijan las aspas giratorias de expulsión de aire y donde se fija excéntricamente un motor con una polea impulsora para transmitir velocidad angular a la polea impulsada mediante una banda, caracterizado en la cara externa de dicha carcasa exterior del extractor de eje axial se fija con medios de fijación, el borde del extremo proximal de un difusor cónico que define un conducto cónico de concentración y conducción del flujo de aire expulsado por dicho extractor de eje axial; externamente a dicho difusor cónico en la misma cara externa de dicha carcasa exterior, se ancla un marco base de soporte con medios de fijación, configurado para recibir y fijar una primera estructura de soporte exterior que se proyecta externamente al difusor cónico hasta la zona limítrofe del borde del extremo distal de dicho difusor cónico para fijar y soportar una segunda estructura de soporte transversal donde se soportan concéntricamente los medios de generación de energía eléctrica y donde se monta el rotor con las aspas propulsoras de un aerogenerador, que aprovechará el flujo de aire expulsado por el extractor de eje axial concentrado y canalizado por dicho difusor cónico para producir energía eléctrica.

2.- El ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generador de energía eléctrica, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque dicha carcasa exterior con un orificio central del extractor de eje axial es de forma cuadrangular y comprende una tapa externa cuadrangular con un orificio central coincidente con el orificio central de la carcasa exterior; es en dicha tapa donde se fijan los componentes de soporte del aerogenerador.

3.- El ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generador de energía eléctrica, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el extremo proximal de dicho difusor cónico comprende una ceja perimetral con orificios para recibir los medios de fijación para fijarse en la cara externa de la carcasa exterior del extractor de eje axial.

4.- El ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generador de energía eléctrica, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque dicha primera estructura de soporte exterior al difusor cónico está definida

por cuatro brazos extendidos que se proyectan angularmente desde dicho marco base de soporte y cuyo extremo opuesto se fijan en dicha segunda estructura de soporte transversal que sostiene al aerogenerador.

5.- El ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generador de energía eléctrica, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque dicha segunda estructura de soporte transversal que sostiene al aerogenerador consiste en cuatro brazos radiales en forma de cruz que al centro se fijan a un disco y en este los medios de generación de energía eléctrica y donde se monta el rotor con las aspas propulsoras de dicho aerogenerador y una pluralidad de anillos concéntricos fijos a dichos cuatro brazos radiales definiendo una rejilla de soporte, en donde en los extremos de dichos cuatro brazos radiales se fijan los extremos de los cuatro brazos de dicha primera estructura de soporte exterior al difusor cónico.

6.- El ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generador de energía eléctrica, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque en la cara interna de la carcasa exterior de dicho extractor de eje axial se comprende fijamente una rejilla protectora que impide el paso de objetos extraños, que pueden dañar las aspas tanto del extractor como del aerogenerador.

7.- El ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generador de energía eléctrica, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque dicho difusor cónico permite expandir la zona de flujo de aire extraído por el extractor para aprovecharse mediante el aerogenerador.

8.- El ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generador de energía eléctrica, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el diámetro del orificio central de la carcasa del extractor de eje axial es igual al diámetro del extremo proximal de dicho difusor cónico.

4.2.8 Resumen

La presente invención se refiere a un ensamble de extractor-aerogenerador para aprovechamiento de aire residual y generador de energía eléctrica consiste en una

estructura de un extractor de eje axial definida por una carcasa exterior con un orificio central donde se disponen elementos de soporte radiales donde se fija centralmente un motor con un eje axial giratorio de salida en el que se fijan las aspas giratorias de extracción de aire; en la cara externa de dicha carcasa exterior del extractor de eje axial se fija con medios de fijación el borde del extremo proximal de un difusor cónico que define un conducto cónico de concentración y conducción del flujo de aire expulsado por dicho extractor de eje axial; externamente a dicho difusor cónico en la misma tapa externa de dicha carcasa exterior, se ancla un marco base de soporte con medios de fijación, configurado para recibir y fijar una primera estructura de soporte exterior que se proyecta externamente al difusor cónico hasta la zona limítrofe del borde del extremo distal de dicho difusor cónico para fijar y soportar una segunda estructura de soporte transversal donde se soporta concéntricamente los medios de generación de energía eléctrica y donde se monta el rotor con las aspas propulsoras de un aerogenerador, que aprovechará el flujo de aire expulsado por el extractor de eje axial concentrado y canalizado por dicho difusor cónico para producir energía eléctrica.



MX/E/2021/079191

MX/u/2021/000593

**DIRECCIÓN DIVISIONAL DE PATENTES,
SUBDIRECCIÓN DIVISIONAL DE
PROCESAMIENTO ADMINISTRATIVO
DE PATENTES.**

**COORDINACIÓN DEPARTAMENTAL DE
RECEPCIÓN Y CONTROL DE DOCUMENTOS.**

EXPEDIENTE: MX/u/2021/000593
FOLIO DE RECEPCIÓN: MX/E/2021/079191
IDENTIFICADOR DE LA SOLICITUD: 95559
**LUGAR, FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN
DE LA SOLICITUD:**
CIUDAD DE MÉXICO 29/10/2021 05:50:58

ACUSE DE RECIBO DE LA SOLICITUD DE:

Modelo De Utilidad

SOLICITANTE(S)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

REPRESENTANTE LEGAL:

Juan Luis MORENO ARELLANO

DOCUMENTOS DE LA SOLICITUD:

DOCUMENTO	NOMBRE ARCHIVO	TAMAÑO	HOJA(S)
SOLICITUD	Solicitud_000095559_29_10_2021.pdf	431.64 KB	4
CÓMPROBANTE DE PAGO	Pago.pdf	24.36 KB	1
HOJA DE DESCUENTO	HOJA DE DESCUENTO.pdf	25.25 KB	1
CONSTANCIA RGP	RGP-DDAJ-001958-2020 JLMA.pdf	228.69 KB	2
DOCUMENTO COMPROBATORIO DE DIVULGACION PREVIA	Memoria CINCA 2021 UACH.pdf	2398.31 KB	5
MEMORIA_TECNICA	MEMORIA TÉCNICA EXTRACTOR-AEROGENERADOR.pdf	142.34 KB	26
DIBUJOS	DIBUJOS EXTRACTOR-AEROGENERADOR.pdf	421.8 KB	5
OTROS	Contrato de Cesión de Derechos, inventores.pdf	1261.1 KB	2

TOTAL DE HOJAS: 46 (No se incluyen hoja(s) del acuse)

Figura 6. COMPROBANTE DE RECEPCION DE PATENTE MX/E/2021/079191

4.3 Tablas resultadas de mediciones:

- de velocidad de aire

Cuadro 1. Mediciones de Velocidad del aire a la entrada del extractor
(Tratamiento 1)

Distancia al centro del eje de extractor(m)	Velocidad de aire (m/s)										Media	Desviación estándar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	5.8	6.22	6.39	6.39	5.8	6.22	6.04	5.08	6.22	6.22	6.04	0.40
0.05	9.66	9.48	9.31	9.31	9.66	9.66	9.48	9.31	9.14	9.31	9.43	0.18
0.1	9.14	9.06	9.14	9.06	9.14	9.14	9.06	9.31	9.14	9.31	9.15	0.09
0.15	9.83	9.48	9.48	9.83	9.48	9.83	9.48	9.48	9.83	9.48	9.62	0.18
0.2	10	10.3	10.2	10.33	10.2	10.2	10.2	10	10	10.33	10.18	0.13
0.25	9.48	9.66	9.48	9.31	9.66	9.31	9.31	9.14	9.14	9.14	9.36	0.20
0.3	9.48	9.53	9.31	8.8	9.48	9.66	9.14	9.14	9.48	9.66	9.37	0.27
0.35	10	10.2	10	10.58	9.83	10.2	9.83	9.48	9.48	9.48	9.91	0.37
0.4	10.39	10.39	10	10.34	10.2	10	10.2	10.2	10	10	10.17	0.16
0.45	10.39	10.39	10.77	11.15	10.58	10.77	10.58	11.15	10.96	10.58	10.73	0.28
0.5	11.34	11.53	11.53	11.15	11.34	10.96	11.72	10.96	11.53	11.84	11.39	0.30
0.55	11.15	11.53	10.96	10	11.34	10.58	10.39	10.58	11.53	10.97	10.90	0.51
0.6	9.14	9.48	9.14	10.77	10.96	10.58	7.76	10.77	4.42	10.58	9.36	2.02

Cuadro 2. Mediciones de Velocidad del aire a la entrada del extractor
(Tratamiento 2)

Distancia al centro del eje de extractor(m)	Velocidad de aire (m/s)										Media	Desviación estándar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	6.22	6.39	6.73	6.64	6.22	6.39	6.22	6.73	6.22	6.56	6.43	0.22
0.05	8.11	8.2	8.63	8.8	8.52	8.8	8.62	8.45	8.62	8.45	8.52	0.23
0.1	8.8	8.62	8.45	8.62	8.28	8.11	8.97	8.8	8.8	8.97	8.64	0.29
0.15	10	9.31	10.2	9.83	9.43	9.83	9.14	9.31	10	9.31	9.64	0.38
0.2	10.2	9.66	9.83	10	9.66	9.31	10	10.2	9.83	10.2	9.89	0.29
0.25	8.97	8.8	8.94	9.66	9.83	9.48	10.1	9.48	9.66	9.66	9.46	0.42
0.3	9.14	9.31	9.14	9.14	9.31	9.14	9.31	9.31	9.14	9.14	9.21	0.09
0.35	9.85	9.31	9.48	9.66	9.66	10	9.83	9.48	9.66	9.66	9.66	0.20
0.4	10.2	10	10.39	10.2	10	10.48	10.2	9.83	10	10	10.13	0.20

0.45	10.58	10.77	10.58	10.77	10.39	10.58	10.77	10.58	10.77	10.58	10.64	0.13
0.5	11.34	11.15	10.96	11.15	10.96	10.77	11.15	10.58	11.56	10.96	11.06	0.28
0.55	10	9.83	9.14	9.66	11.15	11.34	9.66	9.14	9.48	9.14	9.85	0.79
0.6	7	7.25	7.42	7.59	8.96	8.61	8.8	8.11	8.49	8.28	8.05	0.69

Cuadro 3. Mediciones de Velocidad del aire a la entrada del extractor
(Tratamiento 3)

Distancia al centro del eje de extractor(m)	Velocidad de aire (m/s)										Media	Desviación estándar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	6.04	5.76	6.22	5.76	6.22	6.22	5.76	6.04	6.04	5.76	5.98	0.20
0.05	8.45	8.62	8.45	8.45	8.62	8.62	8.45	8.45	8.45	8.45	8.50	0.08
0.1	10.00	9.66	9.88	9.66	9.66	9.88	10.00	9.88	9.88	9.66	9.82	0.14
0.15	10.00	9.14	9.88	9.14	9.88	9.14	10.00	9.14	9.88	10.00	9.62	0.42
0.2	10.00	9.83	9.83	10.00	10.00	9.83	10.00	10.20	9.83	9.83	9.94	0.13
0.25	9.14	8.11	9.14	8.45	8.62	9.14	8.45	8.45	8.80	9.14	8.74	0.38
0.3	8.80	9.14	9.14	9.14	8.62	9.14	9.14	8.62	9.14	9.14	9.00	0.23
0.35	9.31	9.48	9.48	9.31	9.48	9.31	9.31	9.48	9.48	9.48	9.41	0.09
0.4	10.20	10.20	9.66	10.20	10.20	10.20	9.66	9.66	9.66	10.20	9.98	0.28
0.45	10.59	10.38	10.20	10.58	10.39	10.32	10.39	10.76	10.39	10.39	10.44	0.16
0.5	10.96	10.96	10.58	10.96	10.96	10.77	10.96	10.96	11.15	10.96	10.92	0.15
0.55	10.39	10.39	10.58	10.39	10.77	10.58	10.77	10.58	11.15	10.39	10.56	0.17
0.6	11.15	11.84	11.15	11.15	11.15	11.84	10.58	11.15	11.15	11.84	11.30	0.41

Cuadro 4. Mediciones de Velocidad del aire a la entrada del extractor
(Tratamiento 4)

Distancia al centro del eje de extractor(m)	Velocidad de aire (m/s)										Media	Desviación estándar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	6.04	6.22	6.04	6.22	6.35	6.22	6.04	6.22	6.35	6.35	6.21	0.13
0.05	7.02	6.94	6.73	7.25	7.42	7.25	7.20	7.08	7.02	7.02	7.09	0.19
0.1	7.94	7.11	7.84	7.25	7.08	7.76	8.11	8.11	8.11	8.11	7.74	0.43
0.15	8.45	8.62	8.62	8.62	8.97	8.80	8.97	8.80	8.62	8.45	8.69	0.19
0.2	9.14	9.31	9.14	9.66	9.48	9.31	9.14	9.31	9.48	9.48	9.35	0.18
0.25	8.86	8.8	8.45	8.11	8.41	8.4	8.2	8.28	8.11	8.28	8.39	0.26
0.3	8.62	8.41	8.22	8.62	8.28	8.45	8.62	8.4	8.25	8.62	8.45	0.16

0.35	8.8	8.96	8.87	9.14	8.97	8.97	8.8	9.14	9.14	8.97	8.98	0.13
0.4	9.31	9.66	9.87	9.48	9.66	9.66	9.48	9.66	9.48	9.87	9.61	0.18
0.45	9.48	9.66	9.51	9.83	10	10	9.51	9.51	9.66	9.31	9.65	0.23
0.5	9.31	10	9.66	10	10.2	10.2	10	10.58	10.2	10	10.02	0.34
0.55	10.2	10.58	10.59	10.2	10	10	10.59	10.2	10.58	10.2	10.31	0.25
0.6	10.39	10	10.39	10.39	10.2	10.2	10.39	10.2	10.39	10.2	10.28	0.14

Cuadro 5. Mediciones de Velocidad del aire a la salida del extractor
(Tratamiento 1)

Distancia al centro del eje de extractor(m)	Velocidad de aire (m/s)										Media	Desviación estándar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	1	1.29	1.57	1.29	1	1.29	1.29	1.29	1	1.28	1.23	0.18
0.05	1	1.28	1.57	1	1	1.57	1.57	1.28	1.57	1.28	1.31	0.25
0.1	1.43	1.29	1.29	1.57	1.29	1.57	1.43	1.43	1.43	1.57	1.43	0.11
0.15	1.15	0.8	1	8	1.15	0.8	0.8	1	1	1.43	1.71	2.22
0.2	5	5.18	4.86	4.86	4.86	5.18	4.86	4.86	5.18	4.86	4.97	0.15
0.25	8.45	8.11	8.45	8.11	8.42	8.42	8.11	8.11	8.42	8.11	8.27	0.17
0.3	9.48	9.48	9.31	9.48	9.31	9.31	9.48	9.31	9.31	9.31	9.38	0.09
0.35	9.66	10	9.48	9.66	10.2	9.66	10	9.66	9.31	10.2	9.78	0.30
0.4	11.91	12.1	11.53	11.72	11.53	11.53	11.9	11.9	11.53	11.91	11.76	0.22
0.45	12.48	12.67	13.04	12.67	13.05	12.67	10	12.7	13.04	13.22	12.56	0.92
0.5	11.53	12.1	12.31	12.28	12.31	12.28	12.3	12	11.97	12.28	12.13	0.25
0.55	10.2	10.77	10.56	10.77	10.77	10.2	10.2	10.6	10.56	10.2	10.48	0.25
0.6	9.48	9.14	9.14	9.14	9.48	9.48	9.48	9.14	9.14	9.31	9.29	0.17

Cuadro 6. Mediciones de Velocidad del aire a la salida del extractor
(Tratamiento 2)

Distancia al centro del eje de extractor(m)	Velocidad de aire (m/s)										Media	Desviación estándar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	1.00	1.25	1.00	1.43	1.00	1.43	1.00	1.25	1.25	1.00	1.16	0.18
0.05	1.22	1.57	1.43	1.43	1.22	1.57	1.22	1.43	1.22	1.43	1.37	0.14
0.1	1.86	2.00	1.86	1.86	2.00	1.57	1.86	2.00	2.00	1.86	1.89	0.13
0.15	1.72	1.43	1.86	1.72	1.86	1.86	1.43	1.86	1.43	1.72	1.69	0.19
0.2	4.36	4.52	4.36	4.36	4.36	4.52	3.96	4.52	4.36	4.52	4.38	0.17
0.25	5.36	5.18	5.36	5.18	5.36	5.36	5.36	5.18	5.18	5.36	5.29	0.09

0.3	9.48	9.31	9.57	9.31	9.14	9.57	9.31	9.48	9.31	9.31	9.38	0.14
0.35	10.20	10.58	10.00	10.20	10.20	10.58	10.58	10.58	10.20	10.58	10.37	0.23
0.4	11.14	11.34	11.14	11.34	11.14	11.34	11.14	11.34	11.14	11.34	11.24	0.11
0.45	12.20	11.72	10.20	12.20	11.72	11.96	11.96	12.20	12.20	11.96	11.83	0.60
0.5	13.24	13.43	13.24	13.43	13.24	13.04	13.04	13.43	13.43	13.43	13.30	0.16
0.55	12.86	12.28	12.86	12.28	12.86	12.86	12.28	12.28	12.86	12.86	12.63	0.30
0.6	9.24	9.31	9.14	9.24	9.14	9.24	9.31	9.24	9.31	9.14	9.23	0.07

Cuadro 7. Mediciones de Velocidad del aire a 50 cm de la salida del extractor (Tratamiento 1)

Distancia al centro del eje de extractor(m)	Velocidad de aire (m/s)										Media	Desviación estándar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	2	2.36	2.18	2	2.36	2.18	2.18	2	2.18	2.36	2.18	0.15
0.05	2	1.57	2.36	2.18	2.36	2	2	2.18	2.18	1.86	2.07	0.24
0.1	2.54	2.71	2.18	2.54	2.46	2.54	2.54	2.71	2.71	2.54	2.55	0.16
0.15	1	1.15	1.86	1.72	1.15	1.72	1.86	1.15	1	1.86	1.45	0.38
0.2	3.77	3.24	3.54	2.54	3.77	3.54	3.24	3.77	3.77	3.54	3.47	0.39
0.25	4.12	4.67	5	5	4.82	5	5	4.82	4.82	5	4.83	0.27
0.3	6.73	6.04	6.22	6.04	6.86	7.08	6.22	6.73	6.22	7.08	6.52	0.42
0.35	5.9	5.08	5.36	5	4.65	5	4.65	5.9	5.08	5.36	5.20	0.44
0.4	8.8	9.31	8.96	8.62	8.62	8.96	8.62	9.31	8.8	9.31	8.93	0.29
0.45	10.32	9.14	9.48	10	10.34	10	9.14	9.48	9.14	9.48	9.65	0.48
0.5	10.2	10.54	10.54	11.15	10.77	11.15	11.3	10.5	10.38	10.96	10.76	0.38
0.55	12.1	11.53	10.96	11.53	12.1	11.72	11.3	11.6	10.96	11.58	11.54	0.39
0.6	11.34	11.34	11.15	11.34	11.58	10.96	11.2	11	11.54	11.54	11.29	0.23
0.65	10.96	11.15	10.96	11.15	11.58	10.58	10.6	11.2	10.96	11.96	11.10	0.42
0.7	10.96	10	10.2	10.31	10	10.31	10.2	10.2	10.31	10	10.25	0.28
0.75	6.73	6.04	6.22	6.84	6.22	7.08	6.22	6.73	6.22	6.22	6.45	0.36

Cuadro 8 Mediciones de Velocidad del aire a 50 cm de la salida del extractor (Tratamiento 2)

Distancia al centro del eje de extractor(m)	Velocidad de aire (m/s)										Media	Desviación estándar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	2.36	2.36	2.00	2.36	2.28	2.36	2.36	2.00	2.00	2.36	2.24	0.17
0.05	2.54	2.00	2.71	2.36	2.00	2.54	2.36	2.36	2.00	2.36	2.32	0.25
0.1	2.18	2.36	2.54	2.18	2.36	2.54	2.36	2.54	2.36	2.18	2.36	0.15

0.15	2.79	2.81	2.71	2.79	2.81	2.79	2.81	2.79	2.81	2.79	2.79	0.03
0.2	1.15	1.43	1.72	1.72	1.43	1.43	1.15	1.43	1.15	1.72	1.43	0.23
0.25	1.72	1.57	1.15	1.57	1.57	1.72	1.57	1.72	1.15	1.57	1.53	0.21
0.3	1.00	1.15	0.80	0.00	0.80	1.00	1.15	1.57	1.15	1.00	0.96	0.40
0.35	3.94	4.12	3.94	4.34	4.12	4.12	4.12	4.34	3.94	4.12	4.11	0.15
0.4	6.22	6.04	6.04	6.22	5.96	5.96	6.22	6.04	6.22	6.22	6.11	0.12
0.45	8.80	8.97	9.14	8.80	8.80	8.90	9.14	9.14	9.14	8.97	8.98	0.15
0.5	10.00	9.81	9.86	9.86	9.81	10.00	9.81	9.31	10.00	10.00	9.85	0.21
0.55	10.55	10.76	10.58	11.15	10.55	10.55	10.31	10.31	10.31	10.76	10.58	0.26
0.6	11.72	11.34	11.53	11.53	11.53	11.34	11.34	11.72	11.72	11.53	11.53	0.16
0.65	12.10	12.29	12.10	11.97	11.97	12.21	11.97	12.10	11.97	12.21	12.09	0.12
0.7	12.10	12.10	12.28	12.28	12.67	12.10	12.28	12.67	12.28	12.67	12.34	0.24
0.75	13.06	13.27	13.06	13.06	12.97	13.27	12.48	13.06	12.97	13.27	13.05	0.23

Cuadro 9. Mediciones de Velocidad del aire a 70 cm de la salida del extractor (Tratamiento 1)

Distancia al centro del eje de extractor(m)	Velocidad de aire (m/s)										Media	Desviación estándar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	1.43	1.57	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	1.73	1.15	1.29	1.58	0.21
0.05	1.29	1.15	1.43	1.29	1.15	1.29	1.93	1.53	1.72	1.86	1.46	0.29
0.1	1.29	1.15	1.43	1.57	1.12	1.43	1.72	1.29	1.43	1.15	1.36	0.20
0.15	1.49	1.15	1.29	1.29	1.15	1.15	1.29	1.15	1.15	1	1.21	0.13
0.2	0.6	1	0.8	1.43	1.15	1.29	0.2	0.4	1.15	0.6	0.86	0.41
0.25	1	1.15	1.57	5	4.82	5	4.82	3.96	5	3.77	3.61	1.70
0.3	5	6.04	7.25	7.25	7.94	7.59	4.12	6.04	4.82	4.65	6.07	1.38
0.35	6.9	8.11	9.31	10	7.42	5	9.31	10.2	5	7.94	7.92	1.88
0.4	10	10.2	10.34	9.31	8.45	9.14	9.31	8.97	8.11	9.48	9.33	0.72
0.45	10.2	10.46	11.15	11.56	10.96	10	9.83	10.2	10	10.58	10.49	0.57
0.5	10.2	10.54	10.2	11.15	10.77	11.15	11.34	10	10.38	10.96	10.67	0.47
0.55	10.59	10.77	10.96	11.53	12.1	11.72	11.34	11.58	10.96	11.54	11.31	0.47
0.6	11.15	11.34	11.15	11.15	11.58	10.96	10.96	11.15	11.15	11.54	11.21	0.21
0.65	10.96	11.15	10.2	11.15	11.58	10	10.96	11.15	10	11.96	10.91	0.66
0.7	11.34	10.77	12.11	10.96	10	10.2	10.58	10.58	10.58	10.2	10.73	0.62
0.75	5.7	9.82	5.7	5.18	4.28	4.82	5	5.53	4.82	3.77	5.46	1.65

Cuadro 10. Mediciones de Velocidad del aire a 70 cm de la salida del extractor
(Tratamiento 2)

Distancia al centro del eje de extractor(m)	Velocidad de aire (m/s)										Media	Desviación estándar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	3.86	2.71	2.18	2.54	2.36	2.77	2.09	2.89	3.24	2.71	2.74	0.52
0.05	2.18	1.86	2.71	2.36	2.54	2.36	2.18	2.54	2.18	2	2.29	0.26
0.1	3.24	3.06	2.54	2.71	2.71	2.89	3.24	2.54	3.24	3.06	2.92	0.28
0.15	2.54	2.71	2.54	2.89	2.71	3.24	2.89	2.24	2.54	2.89	2.72	0.28
0.2	2.54	2.36	2.36	2.54	2.18	3.06	2.89	2.89	2.89	2.71	2.64	0.29
0.25	2.89	2.89	2.36	2.71	2.71	2.89	2.89	2.89	2.89	2.71	2.78	0.17
0.3	2	2.36	2.36	1.72	1.86	1.29	1.43	0.6	1.86	1.57	1.71	0.52
0.35	0.8	0.4	0.6	1	1.57	1.8	1	0.6	2.54	1.72	1.20	0.68
0.4	1.72	2.18	3.77	3.94	4.3	4.12	3.77	4.3	3.94	3.77	3.58	0.89
0.45	7.42	7.94	6.34	7.76	7.42	7.08	6.39	6.9	8.45	5.87	7.16	0.80
0.5	8.83	10.2	10.58	7.94	10	10.2	10.39	9.48	9.62	9.31	9.66	0.81
0.55	11.91	11.91	11.72	11.15	11.34	11.53	11.91	12.1	11.91	11.34	11.68	0.32
0.6	12.1	11.72	11.41	11.72	11.53	11.53	11.91	12.67	12.1	12.48	11.92	0.42
0.65	12.29	12.29	12.1	12.29	12.1	11.91	12.48	12.29	12.1	12.48	12.23	0.18
0.7	12.29	12.15	12.29	12.29	12.67	12.67	12.67	12.67	12.67	12.67	12.50	0.22
0.75	13.06	13.27	13.27	12.48	13.06	13.06	12.48	13.27	13.27	13.06	13.03	0.31

Cuadro 11. Mediciones de Velocidad de aire en la salida del aerogenerador
(Tratamiento 3)

Distancia al centro del eje de extractor(m)	Velocidad de aire (m/s)										Media	Desviación estándar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	1.53	1.43	1.29	1.15	1.43	1.57	1.43	1.57	1.43	1.29	1.41	0.13
0.05	1.15	2	1.15	1.43	1.43	1.86	1.72	2	1.86	1.72	1.63	0.32
0.1	1.86	1.43	1.73	1.15	1.29	1.29	1.15	1.43	1.29	1.15	1.38	0.25
0.15	2.89	2.71	2.04	2.36	2	2.36	2.18	3.24	3.42	2.66	2.59	0.49
0.2	0.2	0.8	1	0.2	0.06	0.2	1	1.43	1.57	1.72	0.82	0.63
0.25	2	2.18	2.36	3.24	4.3	3.42	4.12	3.77	4.12	2.36	3.19	0.89
0.3	3.59	3.42	4.36	4.12	5	4.3	4.12	3.24	3.42	3.29	3.89	0.58
0.35	4.3	4.12	4.65	4.65	4.47	6.56	9.9	5.18	4.3	3.94	5.21	1.81
0.4	5	5.18	5.87	6.9	7.94	6.22	6.22	6.39	5.53	6.9	6.22	0.89

0.45	7.25	7.25	9.31	9.83	9.48	9.31	8.62	9.31	9.83	10.2	9.04	1.03
0.5	8.97	10.31	9.66	10	10	9.14	9.48	10	10.2	10	9.78	0.45
0.55	10.2	10	9.66	9.66	10.58	10.2	11.15	10.77	10.77	10.77	10.38	0.51
0.6	11.52	11.74	10.77	10	10.58	10.2	11.15	10.77	10.77	10.77	10.83	0.53
0.65	10	10.31	9.31	9.31	9.31	8.43	8.11	9.66	8.8	9.66	9.29	0.68
0.7	9.48	10.66	9.66	8.45	7.42	9.31	9.31	7.54	9.31	10.2	9.13	1.05
0.75	10	10.2	10.53	10.58	10	9.31	8.8	9.66	9.48	10.34	9.89	0.57

Cuadro 12. Mediciones de Velocidad de aire en la salida del aerogenerador (Tratamiento 4)

Distancia al centro del eje de extractor(m)	Velocidad de aire (m/s)										Media	Desviación estándar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	1.86	2	1.57	1.72	1.57	1.72	1.57	1.86	2	1.86	1.77	0.17
0.05	2.54	1.72	2	1.86	2.18	2.54	2.18	2.36	3.36	2.54	2.33	0.46
0.1	4.82	5	5.53	5.7	4.82	5.18	4.82	4.65	5	5	5.05	0.33
0.15	6.22	5.7	4.82	5.36	4.91	5	6.72	6.04	5.36	5.7	5.58	0.62
0.2	6.73	3.34	6.9	5.56	6.56	6.9	6.73	7.08	6.9	6.22	6.29	1.13
0.25	6.9	6.9	6.56	6.28	5.18	6.04	5.18	6.04	5.76	6.04	6.09	0.61
0.3	5	5.36	5	3.36	5	5.18	5	4.82	5.18	5	4.89	0.56
0.35	4.82	4.3	4.12	4.82	4.12	4.65	4.82	5	4.65	4.47	4.58	0.31
0.4	4.33	9.65	5	5.18	5.08	5.08	5.53	5.36	5	5.1	5.53	1.48
0.45	6.33	6.64	6.22	5.53	5.36	5.18	4.82	5	5.9	6.7	5.77	0.69
0.5	6.22	6.77	6.56	6.34	6.22	6.04	6.72	6.01	6.56	7.08	6.45	0.35
0.55	5.9	5.87	6.64	6.72	6.39	5.78	6.04	6.09	7	7.39	6.38	0.54
0.6	7.94	7.51	6.73	7.25	7.92	7.51	7.42	7.57	7.25	7.39	7.45	0.35
0.65	7.08	9.42	7.76	7.28	8.9	8.8	7.99	7.57	7.92	7.08	7.98	0.81
0.7	8.62	8.8	7.76	7.25	7.94	8.62	7.79	8.45	8.67	8.62	8.25	0.52
0.75	9.14	9.31	8.45	8.8	8.8	8.28	8.8	8.45	8.11	9.08	8.72	0.39

- de velocidad angular de extractor

Cuadro 13. Mediciones de velocidad angular del eje de las aspas del extractor

Tratamientos	Velocidad angular (RPM)
--------------	-------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Media	Desviación estándar
1	683	681	682	682	682.2	682.4	682.4	682.1	682.9	682	682.2	0.56
2	683	684	682	683	683	683	683	683	683	683	683	0.47
3	687	687.5	687.1	687	687.1	687	687.1	687.1	687.1	687	687.1	0.15
4	687	690	690	688	688	689	691	688	691	690	689.2	1.40

- de velocidad angular de aerogenerador

Cuadro 14. Mediciones de velocidad angular del eje de las aspas del aerogenerador.

	<i>Velocidad angular (RPM)</i>											
Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Media	Desviación estándar
3	1127	1129	1125	1127	1127	1127	1127	1127	1125	1127	1126.7	1.08
4	1736	1737	1738	1735	1737	1735	1735	1735	1738	1736	1736.3	1.28

- de voltaje de motor de extractor y controlador de aerogenerador

Cuadro 15 Mediciones de voltaje del motor del extractor

	<i>Voltaje (V)</i>											
Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Media	Desviación estándar
1	199.2	199	199.1	199.2	199.2	199	199	199.1	199.2	199	199.1	0.1
2	199	201	200	200	200	201	201	199	199	200	200	0.8
3	202	201	202	202	203	203	202	202	200	203	202	0.9
4	202	201	202	202	203	203	202	202	200	203	202	0.9

Cuadro 16. Mediciones de voltaje del controlador del aerogenerador

Tratamientos	<i>Voltaje (V)</i>									
--------------	--------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Media	<i>Desviación estándar</i>
3	14.6	14.62	14.61	14.61	14.62	14.61	14.6	14.61	14.61	14.6	14.61	0.01
4	14.64	14.65	14.64	14.62	14.64	14.64	14.64	14.65	14.63	14.64	14.64	0.12

- de amperaje de motor de extractor y controlador de aerogenerador

Cuadro 17. Mediciones de voltaje del motor del extractor

<i>Amperaje (A)</i>												
Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Media	<i>Desviación estándar</i>
1	9.0	9.1	9.2	9.1	9.2	9.1	9.9	9.1	9.1	9.1	9.1	0.07
2	9.1	9.1	9.1	9.1	9.0	9.1	9.1	9.1	9.2	9.1	9.1	0.07
3	9.1	9.0	9.0	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.2	9.1	9.2	0.06
4	9.2	9.1	9.1	9.2	9.1	9.1	9.1	9.0	9.0	9.1	9.1	0.07

Cuadro 18. Mediciones de voltaje del controlador del aerogenerador

<i>Amperaje (A)</i>												
Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Media	<i>Desviación estándar</i>
3	2.28	2.27	2.39	2.20	2.26	2.25	2.39	2.22	2.25	2.28	2.28	0.06
4	6.96	7.20	7.20	7.00	7.30	7.30	7.20	7.30	7.30	7.20	7.20	0.12
